

酪農バイオガスシステムにおけるメタン発酵由来消化液の活用の効果

中 村 稔*

The effects of practical usage of the digested slurry to biogas system

Minoru NAKAMURA*

(Accepted 19 January 2012)

目 次

I 課題と方法

1. バイオガスシステムの現状と課題

- (1) 日本の農業とバイオガスシステムの関連
- (2) 畜産バイオガスシステム導入・利用の現状
- (3) 日本の酪農バイオガスシステム展開における課題

2. 既存研究の整理

- (1) ふん尿過剰問題
- (2) 畜産バイオガスシステム
- (3) 消化液の活用と課題

3. 目的と分析方法

- (1) 本論文の目的
- (2) 分析方法
- (3) 分析項目の整理

4. 用語の整理

- (1) 酪農バイオガスシステム
- (2) 消化液活用における酪農バイオガスシステム

5. 対象事例について

- (1) 消化液成分分析
- (2) バイオガスシステム事例分析

II 消化液の肥料としての価値評価

1. 消化液が持つ肥料としての特徴

- (1) 肥料としての位置付け
- (2) 作物への適正

2. 消化液成分からみる消化液の肥料価格試算

3. 肥料価格の推移

4. 小括

III 消化液活用別の事例分析

1. 事例の分析方法

2. 畜産農家返還活用の事例分析

- (1) 資源循環の基本形態としての畜産農家返還活用
- (2) 高千穂プラントの事例分析
- (3) 八木プラントの事例分析

3. 地域分配活用の事例分析

- (1) 資源循環を地域的に行う地域分配活用
- (2) 鈴木牧場プラントの事例分析
- (3) 山鹿バイオマスセンターの事例分析

4. 地域販売活用の事例分析

- (1) より持続的な地域資源循環を目指す地域販売活用
- (2) 地域農業の概況とバイオガスシステム利用目的
- (3) 鹿追プラントとシステムの概要
- (4) プラントの収支分析からみる経済的評価
- (5) 目的達成度と消化液活用の効果

5. 小括

- (1) バイオガスシステムと消化液の関り
- (2) バイオガスシステムの目的達成状況と経営収支
- (3) 消化液活用に向けた取り組みと目的達成との関わり
- (4) 消化液活用によるその他の効果
- (5) 各消化液活用形態における特徴と形成要因の考察

IV 消化液活用に関する評価と結論

1. 評価の総括と結果

2. 今後のバイオガスシステム導入のために

- (1) 各消化液活用の経営展開のあり方

* 酪農学園大学大学院酪農学研究科特任研究員

Postdoctoral fellow, Department of Dairy Science Research, Rakuno Gakuen University Graduate School, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

本稿は、酪農学園大学酪農学研究科審査博士論文である。

- (2) 消化液販売によるバイオガスパラント経営経済的成立の可能性
3. 消化液活用における展望

I 課題と方法

1. バイオガスシステムの現状と課題

(1) 日本の農業とバイオガスシステムの関連

先進国の酪農・畜産は大規模・高投入集約型経営の方向で展開してきた。我国もそれは同じであり、戦後の復興に伴い食料の大量生産の推進などの政策が行われてきた。そのような中 1961 年に制定された農業基本法において選択的拡大品目の中に畜産が含まれるようになり、以降畜産経営は大規模集約化を目指すようになった。

それは生産性の増大をもたらしたが、それにより生産者にも高品質の生産物を得るため高度の生産技術や経営管理が要求されるようになった。特に近年における経営管理の注意点として家畜ふん尿の処理方法がある。1999 年に成立した「家畜排せつ物法」により、これまで野積みしていた大部分の畜産農家は、ふん尿処理施設の設置が義務付けられた。

つまり、いま酪農・畜産において最も重要な課題は、環境に「負」の重荷を与えず、環境と調和のとれた、地域の自然循環機能の維持増進をはかること、そして資源循環型酪農・畜産の経営経済面と生産・技術面の両条件を満たす循環システムの形成にある。

そしてこのような循環システムの展開に必要な不可欠のもののひとつとしては、ふん尿活用システムとしてのバイオガス利用システムがある。

バイオガスシステムに利用されるメタン発酵施設は、松田^[1]によれば「1950、1970、1990 年代とほぼ 20 年ごとに世界中で盛んに研究され、普及してきている」のである。これは、1950 年代は終戦後の、1970 年代ではオイルショックによるエネルギー対策として、また 1990 年代では石油代替のエネルギー対策と共に、地球温暖化防止のための環境問題対策としてバイオガスシステムが見直されてきた。

2000 年以降にもバイオガスシステムの建設がみられるようになった。それらの建設目的は、ふん尿過剰対策や悪臭問題、地域基盤整備などで、いうなれば環境対策と農業の発展を目的としたものといえる。

つまり、現在バイオガスシステム導入において求められているのは、先述のように、環境に負荷を与えない農業展開という役割である。

(2) 畜産バイオガスシステム導入・利用の現状

日本の畜産バイオガスシステムは、ふん尿処理対策の一環として形成された。これには、共同利用型と個別利用型があり、個別型のものはバイオガスの利用への経営支援が、また共同利用型では利用を行う農家のいる地域農業基盤整備や、ふん尿処理、消化液散布といった作業の委託による支援などがある。しかし、このバイオガスシステムの建設費は個別型では 1 億円前後、共同利用型では 10 億円前後と高額な費用が必要であり、運営主体や利用者の大部分の農家の経営を圧迫する結果を招いている。

さらに、2002 年 12 月に閣議決定したバイオマス・ニッポン総合戦略では、2009 年 9 月現在において 220 箇所の地域がバイオマスタウン構想を打ち出し、地域での未利用資源の再利用に向けた利活用システムの構築を目指している。そしてこれらバイオマスタウン構想の計画の中に、畜産バイオガスシステムの導入を考慮している地域はいくつか見られる状態である。つまり、2000 年代に突入して以降、我国のバイオガスシステムは未利用資源の利活用という側面が新しく追加されているといえる。

しかし多くのバイオマスタウン構想では、バイオガスシステムの活用は採算面や費用対効果の問題から計画を実行に移す目処が立っておらず、今後のバイオガスシステムの動向を見守る形となっている。

(3) 日本の酪農バイオガスシステム展開における課題

既存研究にて具体的に述べるが、EU 諸国では電力買取り価格制度などを実施することで、また中国では農村部のエネルギー対策として簡易型バイオガスパラントの需要を高め、また大規模バイオガスパラントに対しては電力の買取り支援制度を実施することで普及が進んでいる。

日本では初期投資額への補助制度が主な支援制度となっており、電力やガスの買取りなどへの支援制度はまだ不十分な状況といえる。これまでの研究ではメタン発酵により発生するバイオガスを活用することが、バイオガスパラント利用者の負担を減らせるとし、議論の焦点となっていた。しかし、現状における日本の支援政策化では、ガスの活用を中心としたバイオガスシステムの成立は難しい。初期投資に対し高い補助制度があることを踏まえると、畜産バイオガスシステムの成立における課題とは、システムが利用者にとって有益であるものであり、かつ地域環境の保全や地域社会の発展に寄与するものとして展開することである。

2. 既存研究の整理

家畜ふん尿による環境問題の顕在化に伴い、農業経済学および農業経営学の分野でこれらを対象とした研究が進められてきた。ここでは本論文で取り上げるバイオガスシステムとその経営経済分析、そして消化液の活用に関する主な研究を中心に整理を行った。また個別の酪農経営にかかるふん尿処理に関する先行研究についても概観し、その課題を明確化した。

(1) ふん尿過剰問題

ふん尿の不適切な処理の一つに、余剰ふん尿の野積みがある。市川^[2]は、個別酪農経営を対象に飼養頭数の増加によるふん尿量の多量化と還元する耕地の不足、投入する労働力の不足が余剰ふん尿の野積みを生み出していると指摘した。また家畜ふん尿が循環資源の性格から産業廃棄物的性格への変化を指摘した先行論文では岡田・折登^[3]があり、環境対策の費用負担が酪農経営の存続の脅威となることを、収益部門への労働及び資金の優先性の面から指摘した。藤田^[4]では、酪農経営の環境対策における投資限界をふん尿処理施設投資算定モデルによって試算を行い、次の方向として外部委託があることを結論付けた。これらはふん尿施設の整備は多額な投資、労働力、還元する耕地が必要であることを指摘するものであり、その負担にかかる方法を個別経営での対応以外の処理にも求めていく必要があることを示唆している。

(2) 畜産バイオガスシステム

畜産バイオガスシステムに関する研究についてみると、松田^{[5][6]}はEU諸国でのバイオガスプラント普及条件について①エネルギー政策が再生可能資源の利用促進を打ち出していること、②バイオマス系廃棄物の処理に関し、環境規制が厳しいこと、③再生可能エネルギーによる電力の買取優遇政策が取られていること、④環境税の導入により再生可能エネルギーを相対的に安価にしていること、⑤プラント建設に対し、補助金あるいは融資が受けられるなどの社会的背景があることをあげ、対する日本では消化液の利用法が不明瞭であることや消化液の衛生指標あるいは安全処理方法が不明なこと、バイオガスシステムを支える社会システムを構築することなどを課題としてあげている。また干場ら^[7]は「消化液の有効活用（土地還元）はバイオガスシステム成立の最も基本となる条件」であると述べている。

市川^[8]らは、日本国内におけるバイオガスシステ

ムのなかで実践事例を「地域的・大規模共同利用型」、「地域的・中小規模共同利用型」「個別型」と3つの類型に分類し、その導入実態にアプローチしている。そうした類型に基づき、共同利用型バイオガスプラントについて、淡路・中川^[9]らは京都府の八木町を水田酪農地帯として位置付け、バイオガス技術による畜産と水稲作の耕畜連携の可能性について検討し、水田における消化液利用における課題を明らかにした。小規模共同利用型バイオガスシステムについて検討している論文では、市川^[10]があり、北海道を事例とし、農家に掛かる負担が大きい事、また消化液の肥料効果を明確にすると同時に販売していく必要性を論じているが、その手法や条件などの分析には至っていない。また中原^[11]はデンマークで利用されている共同利用型バイオガスプラントについて、導入が促進された背景には農業者が自主的な協同組織を構成していることや、国の方向としてエネルギー自給や再生可能エネルギーの活用に力を入れていたこと、配管などのインフラ整備が早期に実施されていたことをあげている。そこから日本でバイオガスシステムを導入するにあたり、社会的インフラ整備や再生エネルギー由来の電力優先買上げの制度化、公的助成の必要性和消化液処理、利用の実施が重要であると述べている。

事例のひとつである鹿追町の共同利用型バイオガスシステム導入の経営経済的評価分析にかかわる研究としては、中村・肉絲坦木・大場・市川^[12]らがあり、バイオガスシステムの運営には投入量の向上と消化液の普及と活用が重要であると述べているが、その消化液の普及と活用が果たす効果については消化液の有料化に伴う試算までに止まっている。

その他に中村・市川^[13]は個別型バイオガスシステムにおいて高千穂牧場を事例とし、バイオガスシステムの導入はプラントの経営収支だけでなく、牧場全体の経営や環境にも大きな効果を与えるものであること、また今後の課題として消化液の活用が重要であることを示唆している。また中村ら^[14]は共同利用型バイオガスシステムを事例に消化液は水稲・耕種において肥料として活用する価値があり、また今後販売へと繋げることが出来れば消化液の潜在価値はバイオガスシステムの経営経済的成立へと繋がる可能性を有していることを示した。くわえてバイオガスシステムの環境に与える影響について中村ら^[15]は消化液の液肥利用はコジェネ型発電機などを導入し、消化液の散布範囲を適切に設定することでCO₂排出量を削減できると示しており、消化液の活用による環境負荷が減少する可能性を指摘した。

これらのように、バイオガスシステムに関する研究ではシステムの展開、経営経済的成立を目指した研究はあるが、それらにおいて消化液の活用を解決すべき課題として取りあげている。しかし、具体的な消化液の活用方法やそれによるシステムへの影響などについての研究はまだ不十分といえる。

(3) 消化液の活用と課題

消化液に関する研究については、梅津^[16]があり、消化液の利用により作物によって肥料効果の有無があること、また消化液の利用により個別経営における肥料費の削減ができる可能性があることを明らかにした。また甘利ら^[17]はメタン液中の化学成分が病害抑制に直接関与している可能性について指摘しており、消化液の評価向上要因になりうるとしている。三枝^[18]は消化液の活用と効果について、飼料作物のチモシーに焦点を当て分析を行った。「年間 40 t/ha 程度の消化液施肥量では、前年秋と当年春の等量分施区で最も高い収量が得られた」としている。古賀^[19]はイネに対して「消化液は水稻栽培において化学肥料の代替として追肥時に施用した場合に有効であることが認められ、さらに化学肥料よりも増収すること」を示した。村中^[20]はブロッコリー栽培において窒素が慣行区の半分か同量の消化液を使った場合、化成肥料と同等以上の施肥効果が得られることを明らかにした。その他園田らは消化液の安全性について「病原微生物に関して、液肥としての安全性に問題は無い」ことを示唆した。

以上の様に、我国の畜産業におけるふん尿処理の一つである農地還元や、その対策の一つである畜産バイオガスシステム成立の課題として、消化液の活用が取りあげられている研究は多くみられた。しかしその消化液の活用に焦点を当て、その利用によるバイオガスプラント運営主体やそれらを含めたバイオガスシステムへの影響について分析を行った研究はまだ不十分である。

3. 目的と分析方法

(1) 本論文の目的

以上のことを踏まえ本稿では、我国でバイオガスプラントを導入するにあたり課題であるとされているシステムの確立と消化液の有効利活用に対し、消化液の活用がバイオガスプラント運営体や利用者をふくめたバイオガスシステムにどのような効果を出すか、事例を基に検証を行う。

システム確立において消化液の活用は不可欠なものであり、利用可能な土地面積が EU 諸国に比べ少

ない日本において消化液活用は資源や環境の側面から行うべきものといえる。このことから、本稿におけるバイオガスシステムとはバイオガスプラントの稼動に伴う運営主体やふん尿処理委託農家・消化液利用農家のみならず、バイオガスプラント利用に伴い影響を受ける地域環境も含めたうえでのシステム展開とする。このような視点から消化液活用を類型化し、類型ごとにその効果を明確にしていく。

(2) 分析方法

分析にあたり II 章ではメタン発酵由来消化液について、その特徴から肥料として十分な効果を持つことについて、既存研究を交え述べていく。また、農家に消化液を提供するプラントを対象に、その成分を基に肥料としての価値試算を行う。試算方法としては、消化液の成分中に含まれる N・P・K の 3 項目に着目し、市販肥料の販売価格から金額換算を行う。これらから、消化液の肥料としての適性と、適応作物、肥料効果、潜在価値を明らかにする。

III 章では、消化液の活用内容とシステムへの効果について、事例を基に検証する。事例にはバイオガスシステムを導入し、消化液の利用に特徴があり、バイオガスプラント運営主体や地域農業・環境に対し効果を出していると考えられる事例を取り上げた。

事例検証では消化液の活用内容から事例を次のように類型化する(図 I-1)。つまり、消化液の利用方法では農地への還元が基本的考えとなるが、その還元方法の一つはメタン発酵処理の原料を排出した畜産農家を中心となり農地還元を行う畜産農家返還活用、もう一つは畜産農家以外の稲作・耕種農家にも分配する地域分配活用、そして消化液利用者に対して販売を行う地域販売活用である。

これら各類型における消化液の活用がシステム運営主体の運営や原料投入農家、消化液利用農家、そして地域社会・環境に対しどのような効果と意義を持つのかを考察する。

IV 章ではこれまで明らかにしたことを基に、日本

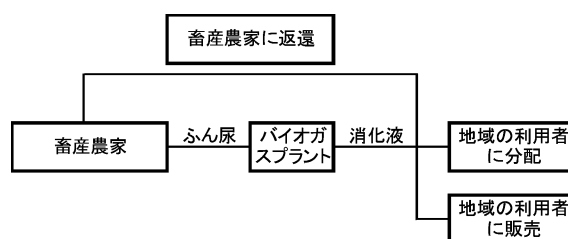


図 I-1 消化液の利用分類

において畜産バイオガスシステムを導入し、より有効利用するためのシステム展開のあり方について検討する。特に運営において消化液が果たす役割や今後の展開について述べていく。

(3) 分析項目の整理

消化液の価値評価では、バイオガスシステムの展開において消化液が活用していけるものであることを明確にするため、評価ポイントとして肥料としての性能をみる。

加えて現在散布利用をされている消化液の含有成分について価値試算を行う。試算では市販肥料の価格を基に行う。

また、近年の肥料価格についても概観し、農家の消化液利用の可能性について考察を行う。

事例の分析では消化液がバイオガスシステムに与える効果について明確にしていく。そのため具体的には次の項目を中心に整理していく。

- ①バイオガスプラント導入の目的
- ②バイオガスシステム運営内容
- ③バイオガスプラント運営収支
- ④目的の達成状況と消化液活用による効果

①では、プラント導入に至った背景と導入に際しての目的を把握する。

②ではプラント稼働の実態動向、またそれにより起こった経営の変化について述べる。稼働の実態動向では原料の投入量、バイオガスの発生量、消化液利用の動向について、経営の変化ではプラント運営主体および原料処理委託農家を、地域分配活用や地域販売活用類型では消化液利用農家についても対象とし、規模拡大や作業内容の変化などを見ていく。

③ではバイオガスプラントの稼働に伴う収支につ

いて損益計算を行う。個別型バイオガスプラントの場合、プラント活用の支出項目では、維持・管理費、減価償却費を主なものとし、収入項目は消化液の運搬散布請負料金、ガス発電による売電売上を主なものとする。また費用削減金額として、牧場の需用電力の自給金額を設定し、その他の収入項目や費用項目がある場合は事例に合わせる。共同型では、支出項目に旅費交通費、水道光熱費、修繕費、消耗品費、施設点検・委託料、減価償却費を設定し、それ以外のはその他として設定する。収入項目は原料受入料、ガス発電による売電売上、堆肥の売上、消化液や堆肥の運搬・散布を主な項目とする。施設の減価償却費では取得減価について補助を受けた場合の圧縮会計と全額計算の2通りを表示する。そのうえで残存価格は取得減価の10%、耐用年数は聞き取りより聞いた償却年数を用いる。その他の収入項目や費用項目がある場合は事例に合わせる。

これからバイオガスプラント導入による経済面の分析と、その中における消化液活用の効果を分析する。

④では現状でのプラント導入目的の達成状況と、消化液の活用による効果を②・③より考察する。

4. 用語の整理

(1) 酪農バイオガスシステム

本稿では市川ら^[21]が行った酪農バイオガスシステムの定義に則り、事例の整理を行う。つまり、未利用バイオマス資源の中でも廃棄物系バイオマス、その分類における家畜排せつ物の中で、特に乳牛の排せつ物を中心的な原料としたメタン発酵施設を酪農バイオガス施設（以後バイオガスプラント）とする。

そして、このバイオガスプラントを導入し、物質の循環を行うための要素として、原料投入では酪農家をはじめとする畜産農家や、プラント周辺地域で生活し、生ゴミを投入利用する住民や食品製造工場を設定する。

バイオガスプラントでは、メタン発酵施設に加え、原料を固液分離した際、堆肥を製造するための堆肥化施設、ふん尿やメタン発酵後の処理液（以後消化液）を溜めておく受入槽や貯留槽、そしてそれらを運搬する車両運搬具と廃棄物処理する際の処理施設を含める。

農地還元では、堆肥や消化液を農地還元する際、その利用者となる農家を設定する。

そして、これら原料投入・メタン発酵処理・農地還元における活動が地域に与える、悪臭対策や水質

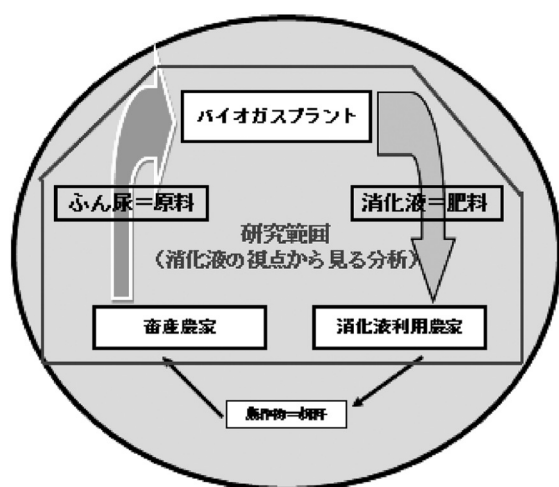


図 I-2 バイオガスシステム概略図と研究範囲

保全など、衛生的な側面を含め、酪農バイオガスシステムとする。

(2) 消化液活用における酪農バイオガスシステム
本稿は、このバイオガスシステムの中において消化液の活用とその効果に視点をあて、事例の整理・分析を行う。よって分析対象では原料投入では畜産農家を対象とし、バイオガスプラントではその全体を、農地還元では消化液利用農家を対象として限定する。

5. 対象事例について

分析に用いる対象事例には表 I-1 に示した 5 つを用いることとする。

第 1 に飼養している乳牛等の頭数は 100 頭前後、また消化液の活用により、農地散布時の悪臭対策が費用の削減として試算できている高千穂牧場バイオガスシステム(以下高千穂プラント)。第 2 に消化液を産業廃棄物として扱い適正処理を施した後、河川

へ放流することを主な対処としており、処理委託農家へも一部返還している八木町バイオエコロジーセンターのバイオガスシステム(以下八木プラント)。第 3 に周辺地域にある 12 戸の畑作農家に消化液を提供している士幌町の鈴木牧場バイオガスシステム(以下鈴木プラント)。第 4 は酪農水田地域にある共同バイオガスシステムであり、消化液の農地散布による利用は行っているが価格を設定していない山鹿市バイオマスセンターのバイオガスシステム(以下山鹿プラント)。第 5 は酪農畑作地域にあり、消化液の農地散布による活用を行っており、また消化液を有料で販売している鹿追環境保全センターのバイオガスシステム(以下鹿追プラント)である。

これらを基に各分析に合わせ、事例を選択していく。

(1) 消化液成分分析

ここでは、消化液を提供することを前提とした事例を選択する。つまり、鈴木プラント・山鹿プラン

表 I-1 各消化液利用型バイオガスプラントにおける特徴の総括表

個別型対象事例	高千穂プラント	鈴木プラント	
所在地	宮崎県都城市	北海道士幌町	
利用開始年度	2004	2002	
消化液活用類型	畜産農家返還活用	地域分配	
出資者	高千穂牧場	士幌町	
補助負担	国：1/2, 熊本県：1/6	国：1/2, 北海道：40%	
共同利用型対象事例	八木プラント	山鹿プラント	鹿追プラント
所在地	京都府南丹市	熊本県山鹿市	北海道鹿追町
利用開始年度	1996	2006	2007
消化液活用類型	畜産農家返還活用	地域分配	地域販売
管理者	八木農業公社	山鹿市鹿本総合支所	鹿追町バイオガスプラント利用組合
出資者	八木町	鹿本町	鹿追町
補助負担	国：45.50% ^{注)} , 京都府：5%	国：50%, 熊本県：10%	国：50, 北海道：25%

注) 八木プラントは一部施設を増築しており、初期建設時と補助負担額に違いがある。

表 I-2 消化液成分対象

	検査日	原料	発酵温度	成分管理
鈴木プラント	2009 年 4 月	乳牛ふん尿	中温	無添加
山鹿プラント	2007 年 1 月	乳牛ふん尿, 生ごみ	中温	基肥時：リン分添加
鹿追プラント	2009 年 5 月	乳牛ふん尿, 汚泥	中温	原料投入量の調整

表 I-3 各バイオガスシステム消化液利用形態別分類表

消化液活用内容とその類型	個別型	共同利用型
畜産農家返還活用	高千穂プラント	八木プラント
地域分配活用	鈴木プラント	山鹿プラント
地域販売活用	—	鹿追プラント

ト・鹿追プラントの3事例を対象とする。

(2) バイオガスシステム事例分析

前述のとおり、先ほど上げた5つのバイオガスシステム事例から消化液の活用内容を見ていく。また事例分析にあたり消化液の大枠として次の3つを分類する。すなわち、畜産農家返還活用では高千穂プラントと八木プラント、地域分配活用では鈴木プラントと山鹿プラント、地域販売活用では鹿追プラントとする。

II 消化液の肥料としての価値評価

1. 消化液が持つ肥料としての特徴

(1) 肥料としての位置付け

消化液には肥料としての活用に利点となる特徴がみられる。一つは原料のなかにいる細菌や雑草などの種子が、嫌気性の中・高温のメタン発酵を行うことによりほぼ死滅していることである。これにより畑地に散布する場合、病害や雑草の増加といった被害を抑制する効果がある。中国の農村部で利用されている簡易型バイオガスシステムを利用する農家では、この効果のために消化液に対する需要が高いという報告が見られた^[22]。二つ目に原料の状態に比べ、ふん尿などが持つ臭いを抑えられるという特徴がある。これまでのふん尿等を原料とした肥料では堆肥化をしっかりと行わない場合、臭いが強く、市街地や住宅地近辺での使用は苦情の原因となっていた。バイオガスシステムを導入した農家や自治体においても、この悪臭除去効果を目的としているところがいくつか見られるほどの効果がある。

また成分中のNが硝酸態のものからアンモニア態のものに変化していることが挙げられる^[23]。これにより農業において環境に悪影響を及ぼしていた肥料中のN分における硝酸態窒素の量が減少する効果があり、地域の水質保全に役立つ他、利用農家側では植物への吸収が高まる速攻性が出るという効果が得られる。

(2) 作物への適性

現在、消化液利用の現場では水稻・麦類・豆類・ビート・トウガラシ・キャベツ・白菜・飼料作物などに利用され、逆にジャガイモはそうか病の発生が多くみられることから使われていない。水稻に関しては既存研究にも示したように、基肥よりも追肥時の施肥に従来以上の効果があるとされている。麦・豆類・ビート・デントコーンは鹿追町^[24]の調査によると、各作物において消化液は化学肥料の代替となりうるとした。

これらのように消化液は多様な作物への適応と効果について研究がすすめられており、今後の利用は消化液成分や市販肥料価格との兼ね合いなどにより、普及する可能性がみられる。そこで本章では、バイオガスシステムを形成するにあたり消化液が活用できる要素であることを、消化液の含有成分とその肥料としての価値、近年の市販肥料価格の推移から検討した。

2. 消化液成分からみる消化液の肥料価格試算

ここでは市販の肥料の価格を基に消化液の価格について推計を行う。表II-2は市販の肥料^[25]とその価格についてみたものである。これによると一般的な肥料の単価として、Nは1kg当たりおよそ640円、Pは550円、Kは775円の価格であると試算できる。

またこの単価から鈴木プラント、山鹿プラント、鹿追プラントから出る消化液の成分をみると、鈴木プラントは1t当たり6,197円、また山鹿プラントでは2,967円、鹿追プラントでは6,943円の肥料価値があると試算できる(表II-2)。

このことから、現在利用されている消化液は成分的にみると、とても安価での取引が行われていることが読み取れる。

この消化液が現在のような価格に設定されている原因としては、これまでの家畜排せつ物法施行以前において、ふん尿利用者は畜産農家から無料でも

表II-1 市販肥料の成分単価価格

(単位：円，kg，円/kg)

肥料名	市場価格 (2009/4/1)	成分量	成分単価	単価概数
石灰窒素	2,695	N=4.2	N=641.6	640
よう成リン肥	2,193	P=4	P=548.2	550
配合化成	2,678	N=1.6 P=1.6 K=1	K=774	775

注) 財団法人 肥料経済研究所 HP「肥料の農家購入価格情報」より作成

表II-2 消化液価格試算 (円, kg/t)

		土幌町	山鹿市	鹿追町
成分検査日		2009年4月	2007年1月	2009年5月
実態価格		0	0	100
成分含有量	N	4.1	1.8	3.7
	P	1	0.2	2.4
	K	3.9	2.2	4.2
推定価格		6,197	2,967	6,943

注) 各バイオガスプラント提供消化液成分表より作成

らっていたという背景にある。このために、消化液が肥料として有効であるとはいえ、これを有料で購入するというイメージを持たれていないために行われた価格設定であると考えられる。

またプラント側も消化液に対しては、まず利用してもらうことを大きな目的としているため、価格の形成はまだ実施段階にないことがわかった。

3. 肥料価格の推移

農林水産省の統計^[26]によると、2005年以降の農業生産活動において必要となる農業生産資材の総合価格は年々上昇している。特に2007年度から2008年度にかけての上昇値は8ポイントと著しい(表II-3)。結果として2009年度の生産資材の総合価格は前年に比べ2ポイント下がり111.3%となった。この低下の要因としては飼料および光熱動力部分の減少が影響しており、理由として「原油価格の下落や外国産穀物相場の低下」が挙げられている。しかしそれでも2005年度に比べ11.3ポイントの増加となっている。更にこの生産資材について内訳をみると肥料費はその上昇率が特に高く、2005年度に比べ48.4ポイントの上昇を示していた。これは農林水産省によれば「輸入原材料価格が上昇したことによる」とのことである。図II-1は2009年度における農業生産資材の内訳を細分化したものである。これを見ると全体の中における肥料の内訳は10.5%であり、全体の中では農機具、飼料、賃借料及び料金に次ぐ割合を占めている。これに対し、表II-4に示した農産物の価格物価指数を見ると、2005年度に比べ野菜を

表II-3 農業生産資材価格比率推移 (%)

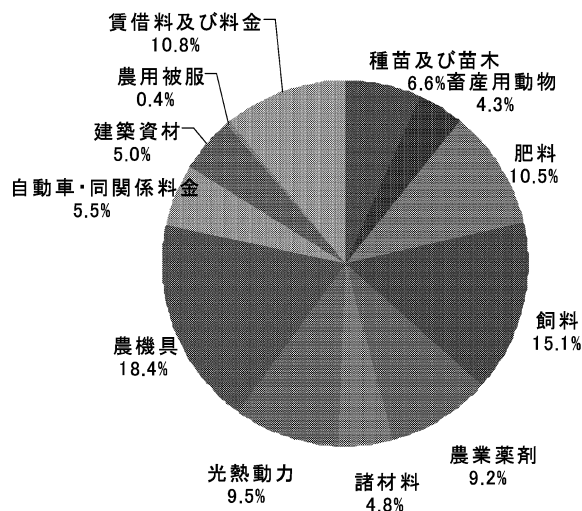
	2005	2006	2007	2008	2009
総合	100	102.2	105.6	113.6	111.3
肥料	100	102.4	106.6	132.1	148.4
飼料	100	103	118.5	137.5	120.7
農業薬剤	100	99.5	99.5	100.2	109.9
光熱動力	100	112.8	116.5	139.2	105
農機具	100	99.8	99.7	101.1	104.5

注) 農林水産省平成21年農業物価指数

表II-4 農産物の年次別価格指数 (%)

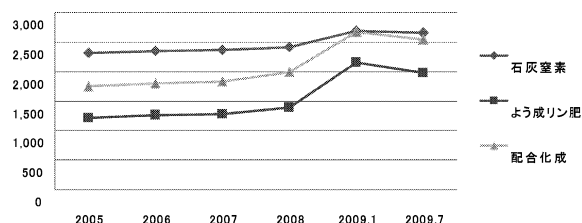
	2005	2006	2007	2008	2009
総合農産物	100	102.9	97.6	97.7	95.7
米	100	97.8	95	94.7	98
野菜	100	108.2	100.6	104.8	100.7
果実	100	120.6	110.1	100.8	91.5
花卉	100	99.1	100.7	98.6	93
畜産物	100	99	99.5	101.6	98.5

注) 農林水産省平成21年農業物価指数



図II-1 2009年度農業生産資材内訳

注) 農林水産省平成21年農業物価指数



図II-2 肥料の農家購入価格推移

注) 農林水産省平成21年農業物価指数

除く農産物が低下しており、特に果実では8.5ポイントとなっている。総合農産物では4.3ポイントの低下となっており、農家からみれば収入は下がっているにもかかわらず、費用は値上がりしているという立場となっている。

また肥料価格について推移を見ていくと(尿素・よう性リン酸・配合飼料)、2005年と比べて2009年はどの肥料も値段が増加している(図II-2)。このことから、肥料価格の値上がりはN・P・Kの3種類ともに影響を受けていることが分かる。

これらのことから、この肥料価格は農家が生産活動を行っていくうえで費用を抑制したい部類にあ

り、また農産物の生産性を落ちないようにする必要がありと考えられる。

4. 小括

以上のことから、消化液は多くの作物への利用が行えるものであり、その肥料効果については現在も研究が進められていた。

また含有成分では N や K の成分が中心に含まれており、1t 当たりの肥料価値は高いこと、しかし現在は無料か極めて安価で取引されていることが分かった。

加えて、近年の社会情勢から市販の肥料価格は増加している一方農産物価格は下落しており、生産活動における肥料価格の抑制及び生産性の向上が求められていることを示した。

つまり今後、消化液は市販肥料の代替物として活用していける価値を有するものであることが読み取れた。

III 消化液活用別の事例分析

1. 事例の分析方法

消化液の活用内容は、地域の環境や気候により違いが出る。たとえば寒冷地の北海道では冬場に雪が積もるため、消化液の散布は行えず、一期作での利用に限定される。その他、II 章でも述べたように、作物についても向き不向きがあり、作付け順序にも関わる。

ここでは消化液の活用方法について、利用農家に視点を置き、その内容と効果についてみていく。その際活用内容を「畜産農家返還活用」「地域分配活用」「地域販売活用」の 3 つの活用方法に分類する。

事例分析では主に①バイオガスプラントの分析と②原料投入および消化液利用農家の経営変化分析を行う。①の分析ではプラントの導入目的と現状の達成状況、そしてプラント運営に伴う収支分析を行う。②の分析では、プラント投入農家がふん尿処理委託をしたことにより経営に効果があったか、また消化液利用農家は消化液をどのように活用しており、それにより経営にどのような効果を出したかについてみていく。

これらの分析結果から、各事例における目的達成状況、目的達成に伴う収支の現在と今後、プラント利用農家へ与える効果と今後の利用、これらと消化液活用形態との関わりを明確にする。

2. 畜産農家返還型活用の事例分析

(1) 資源循環の基本形態としての畜産農家返還活用

ふん尿過剰問題が発生する以前は、畜産農家から出たふん尿は農地に過剰が起こることなく還元されていた。つまりこれが資源循環の始まりといえ畜産経営における基本的考えである。

畜産農家返還活用はこの考えに則り、資源循環を行う際バイオガスシステムを導入した事例であるといえる。ここでは目的や地域条件、プラント収支、消化液を活用したことによる効果について着目する(図 III-1)。

(2) 高千穂プラントの事例分析

1) 高千穂バイオガスシステムの形成背景と経営状況

高千穂牧場は消費者と酪農家の接点の場を目指して、1991 年 5 月に宮崎県都城市、国立公園・霧島山麓の一角にオープンした。入場料が無料であることもあり、来客数は年々増加を示しており、2005 年ではおよそ 75 万人にまで上っている。「2004 年 7 月からは環境保全の観点から、西日本で最初の畜産ふん尿を利用したバイオガスプラントシステムによる自家発電を始め」、牧場内で畜産部門が消費する電力の 36%をまかない、牧場の経営コスト削減を図っている。

飼育されている乳牛はジャージー種 70 頭、ガンジー種 20 頭、ブリティッシュフリージアン種 10 頭など合計 100 頭である。高千穂牧場の経営は酪農のほかにも乳製品や土産物の販売、それに飲食店にも及んでおり、牛乳を使ってバターなどの乳製品加工の体験も出来るほか、ハムやソーセージ作りも体験できる。

羊、馬も飼育しており草原の中でふれあえる。牛乳、乳製品、ソーセージ、ハム、パン、ケーキの製造工場やバーベキューハウス、売店もあって自然に癒されながら学び、遊んでグルメも楽しめる。1 度



図 III-1 畜産農家返還活用の流れ

に 25 人まで宿泊できる研修生施設もあって、高度な酪農実習をじっくり体験することもできる。

高千穂牧場の経営は酪農のほかにも乳製品や土産物の販売、それに飲食店にも及んでおり、それらの総売上は表Ⅲ-1 のように約 17 億円となっている。またその内訳としてはギフト商品や土産物といった商品販売が全体の 70%，レストラン経営が 20%，牛乳販売が 5%，その他で 5% となっている。つまり商品販売や飲食店は年間 75 万人という来客数により売りに上げに大きく影響を与えているといえる。

また牧場の持つ耕地は合計で 52 ha であり、牧草を栽培している。牧草栽培は年間を通じて可能で、これらは全て牧場内の動物の飼料となっている。耕地への肥料にはバイオガスプラントから出る液肥と堆肥舎から出る堆肥を利用している。

従業員は管理・責任者が 5 人、一般従業員が 43 人、その他にパートが 22 人、繁忙期にのみ雇う臨時のアルバイトが年間で 3,800 人分になる。特に繁忙期の土日この臨時アルバイトは需要が増大し、土曜日には 30 人、日曜日では 50 人を雇うとのことである。

高千穂牧場が利用しているバイオガスプラントは、ふん尿の悪臭対策と「家畜排せつ物法」の制定に伴う対策とが重なったことにより建設が決定された。また、初期投資額 1 億 3,500 万円であるが、その半額は国が、6 分の 1 を県が補助金として負担した。そのため実際に牧場が負担した金額は全体の 3 分の 1 の金額で、約 4,500 万円である。

プラントへのふん尿投入量は牛や馬など合わせて 1 日に 5.2 t 出ている。プラント自体は 1 日当たり 6 t までのふん尿の処理が可能な規模となっている。発酵によるガスの発生量は 1 日当たり 192.4

m³、発電機は以前牧場内で利用していたトラクターのエンジンを改良して用いている。そのため新品の発電機よりも扱いなれており、簡単なメンテナンスもこれまでの経験などにより自分たちで行うことが出来ている。プラントでの処理が終了した消化液は容積 1,020 m³ の貯留槽に蓄えられる。消化液のもつ栄養は畑の肥料として適していると考えられている。

2) 高千穂バイオガスシステムの実態と経営経済分析

2008 年において、高千穂牧場の畜産部門の年間売上は 3,700 万円であり、生乳生産が 99% を占めている。そのような中、バイオガスプラントの稼動状況は表Ⅲ-2 にあるとおりである。原料の投入については、現在飼育している乳牛のうち成牛のふん尿のみを投入しており、その他の育成牛や馬・羊のふん尿は堆肥として利用している。それにより、投入率は計画値のおよそ 76% となっているが、ガスの発生量や発電量は 50% 前後と低めの結果となっている。

バイオガスプラントから生まれる電気は、施設内の成牛舎や育成牛舎、農機具舎、緬羊舎、監視舎、厩舎、堆肥舎をまとめた、A キュービクルと分類される部門の一部を補っている状態であり、表Ⅲ-3 のように 2004 年度における電力の自給率は 36.4% であった。また発電量に関しては表Ⅲ-4 のように 2005 年度と 2006 年度は 10 万 kWh を超え、電力自給や売電に期待が持てると推測されるが、2007 年度からは原料投入量の減少により 6 万 5 千 kWh 前後と、自給が主な利用になっていると考えられる。

そして耕地への肥料にはバイオガスプラントから出る液肥や堆肥を利用しており、利用量は 10 a 当た

表Ⅲ-1 高千穂牧場の経営とバイオガスシステム規模

牧場概要			バイオガスシステム規模				
項 目	数 値	単位	項 目	数 値	単位		
年間売上高	1,700,000	千円	設立年	2004	年		
うちレストラン	20	%	建設費	135,000	千円		
うち土産物	70		うち自己出資額	45,000			
その他	5		補助金	国			67,500
牛乳生産	5			県			22,500
職 員			施設規模				
管理者	5	人	発酵槽	1 次	260	m ³	
従業員	53			2 次	500		
パート	22		貯留槽		1,020	m ³	
臨時アルバイト	3,800	人分	発電機		30	kW/h	
乳牛飼養頭数	100	頭					
その他	馬・羊						
経営耕地面積	520	10 a					

注) 2004 年度開取り調査より作成

表Ⅲ-2 高千穂牧場バイオガスシステム稼働概要と実態
(t/年, m³/年, kW/h, %)

項目	数 値		稼働割合
	計画値	実態 (2008)	
ふん尿投入量	1,898	1,440	75.9
ガス発生量	70,226	38,892	55.4
発電量	131,400	64,403	49.0
消化液生産量	1,898	1,400	73.8

注) 2009 年度調査より作成

表Ⅲ-3 A キュービクル内需用電力とその比率
(kWh, %)

施設	需用電力	比率	施設	需用電力	比率
成牛舎	42,973	44	監視舎	11,720	12
育成舎	6,837	7	厩舎	7,813	8
農機具舎	4,883	5	堆肥舎	2,930	3
めん洋舎	5,860	6	バイオ舎	14,650	15
購入電力	97,666	63.6	発電量	56,010	36.4
合計値	153,676	100			

注) 表Ⅲ-1と同じ

表Ⅲ-4 年間発電量の推移 (kWh)

年度	2004	2005	2006	2007	2008
発電量	56,010	106,743	108,554	65,474	64,403

注) 表Ⅲ-2と同じ

り約7・8t, 栽培している品種にはイタリアンとソルゴーがあり, 年2・3回の施肥を行っている。消化液の肥料としての成果は上々であるが, 今の液肥散布量の場合, 牧草地への散布面積は12haにとどまっている。

このようなバイオガスシステムの稼働状況の収支

評価は表Ⅲ-5 のようになると試算できる。高千穂プラントでは発電量が計画値を下回っていることから, 売電売上は見込めないと考え収入項目を計上していない。費用の節約額としては, 発電による電力の時給額と消化液利用以前に必要なとしていた悪臭対策としての消臭費用を設定している。電力の換算金額は高千穂牧場調査資料の記録から, 2004 年度における九州電力の平均電力単価を適用し, 1kWhにつき15.95円での計算とした。これにより得られる費用の節約額はおよそ231万円であると試算できる。

対して年間経費はプラントのメンテナンスやそのための消耗品, エンジンオイルといったものに関する維持・管理費と減価償却費^{*)}を表している。減価償却費Aは聞き取りにより伺った金額を使用しているが, これは初期投資額のうち, 補助額を除いた自己出資額に対する金額であると思われる。これらのことから, バイオガス利用に伴う年間経費は減価償却費Aによる, つまり現状における実質的なコスト試算は411万円となり, 減価償却費Bの場合ではおよそ1,280万円となった。

これらのことから, バイオガスプラントの稼働に伴う2008年度の収支としてはおよそ現状では約180万円のマイナスであり, 今後償却年数を越えた後では約1,045万円のマイナスであると試算した。

3) 目的の達成状況と消化液活用による効果

以上のことをまとめると高千穂牧場ではバイオガスシステムを導入したことにより, 導入以前から課題となっていた悪臭問題を解決することが出来た。またその解決には消化液の活用が中心的な役割を果たしておりその効果は少なくとも1tあたり918円

表Ⅲ-5 高千穂バイオガスプラントの経済的評価
(円, kWh/年, 円/年)

項 目	金 額	詳 細
諸節約額		
発電量	64,403	バイオガスプラント発電機より生産
自給電力額	1,027,228	発電量×15.95
消臭剤費	1,285,200	消化液散布量×918円
小計	2,312,428	
年間経費		
維持・管理費	610,000	メンテナンス, 消耗品, エンジンオイル
減価償却費A	3,500,000	
減価償却費B	12,150,000	
小計A	4,110,000	
小計B	12,760,000	
差し引きA	△ 1,797,572	
差し引きB	△ 10,447,572	

注) 2005 年高千穂牧場 野崎氏作成「バイオガスプラント」より作成

* 自給単価は2004年における電力購入単価を使用

* 消臭剤費は消化液利用以前必要としていたふん尿・堆肥への消臭剤費用

として換算できる。加えて堆肥との使い分けにより運搬費などの問題を解決し、生産した消化液は全て自己所有の経営耕地に利用していた。

つまり高千穂プラントにおける消化液の活用は、少なくとも2005年度において129万円の経済効果を出し、また環境保全のイメージとあわせ、集客にも繋がることから経営向上の効果があると考察できる。

注

注1) 減価償却費Aでは試算をより実態の経営に近づける目的で聞取り時の金額を採用した。その際、高千穂牧場ではバイオガスプラントの償却年数を10年と設定していた。また国と宮崎県からの補助金があるため、減価償却費Bは1,215万円と試算した。

(3) 八木プラントの事例分析

1) 地域農業の概要とバイオガスシステム利用目的

八木町バイオエコロジーセンターは京都府のほぼ中央に位置する南丹市に建設されている。この南丹市は2006年に八木町、園部町、日吉町、美山町の4町が合併したものである。

統計的な農業状況としては、販売農家のうち専業に携わる農家の割合は低い状況となっている。これは八木町の所在地が都市の近郊に位置していることにより、労働力の都市への流出が生じていると考えられる。しかし1990年以降の推移を見ると、販売農家数は減少を示しているが、専業農家数は増加を示す状況となっている。主な生産物は米であり、経営耕地面積の大部分を水田が占めているが、推移をみると年々の減少が見てとれる。畜産では1990年代は酪農・肉用牛・豚が見られたが、2005年では残っているのはほぼ酪農のみという状況である(表Ⅲ-6)。つまり現状において八木町は、酪農と稲作が盛んな酪農水田地域である。

このような農業環境にあるなか、八木町バイオエコロジーセンターは、環境問題の悪化を阻止すると共に、家畜ふん尿をメタン発酵する事により出るバイオガスを利用し、施設内の電力を補い、化石燃料の使用削減を目指すという目的から、1996年に建設された(表Ⅲ-7)。建設当初、バイオエコロジーセンターでは消化液を浄化し、河川へ放流処理する形態をとっていたが、高額な処理費用のため、徐々に田畑への散布利用を進めている。

2) 八木バイオガスシステムの概況

①施設概要

八木町バイオエコロジーセンターは大きく分けて堆肥生産施設とバイオガスプラント施設からなる。またこのバイオガスプラントは5億6,800万円を、堆肥施設は約5億2,397万円をかけて1996年に建設され、4月に稼働を開始し、7月から本格的に運転を始めた。その当時の施設はメタン発酵槽が2,100 m³、発電機は70 kWhのものが2台、ガスホルダーは500 m³、そして脱水機が2台に堆肥施設、それに排水処理施設などであった。当時は消化液の貯留は行わず、脱水機により固液分離をし、液体部分は浄化処理を行い河川に放流し、固体は堆肥施設へ送るというシステムをとっていた。

その後、畜産農家がふん尿処理作業の軽減が起こったことにより、規模拡大を行うところが増えたことや、町内の食品廃棄物を処理する目的から、2000年におよそ4億8,000万円をかけ新しく600 m³のメタン発酵槽と80 kWhの発電機、300 m³の貯留槽、350 m³のガスホルダーが設置された。この新しく設置されたものでは、貯留槽を設置し、消化液を貯留、利用できるシステムになっている。さらに翌年の2001年度には1億5,180万円をかけ堆肥施設を増設した。

それぞれの投資額に対する補助金は、メタン発酵施設では1996年度が畜産再編総合対策事業により、国が初期投資額の半額を、京都府は5%を負担した。また2000年度でも畜産振興総合対策事業により、国

表Ⅲ-6 八木町の農業状況の推移

(戸, ha, 頭)

	2005	2000	1995	1990		2005	2000	1995	1990
総農家戸数	942	1,018	942	1,150	酪農経営体	11	15	22	34
うち販売農家	724	833	904	957	乳牛飼養頭数	1,114	518	628	980
うち専業農家	111	96	73	73	肉牛経営体	2	4	8	6
経営耕地面積	591	687	729	748	肉牛飼養頭数	×	11	67	80
うち水田	577	657	704	723	養豚経営体	2	3	4	4
うち畑	12	18	23	24	豚飼養頭数	×	1,150	1,173	628

注) 農林業センサスより作成

表Ⅲ-7 八木町バイオガスプラント概要 (千円, m³, kW)

1. 事業主体		財団法人 八木町農業公社			
2. 事業開始年度		1996	2000	2001	合計
3. 初期投資額と補助金額	メタン発酵槽	568,000	479,999.5		1,047,999.5
	うち国負担額	284,000	239,900		523,900
	うち京都府負担額	28,400	23,990		52,390
	堆肥施設	523,969		151,800	675,769
	うち国負担額	349,312		101,200	450,512
4. 自己負担額		255,600	216,110		471,710
5. プラント各施設概要	メタン発酵槽	2,100	600		2,700
	発電機	70×2	80		220
	貯留槽	なし	300		300
	ガスホルダー	500	350		850
6. 堆肥施設	一次発酵棟	990×2		なし	1,980
	二次発酵棟	1050×2		1,125	3,225

注) 参考資料[25]及び聞き取り調査より作成

が初期投資額の約半額、京都府が5%を負担した。堆肥施設では1996年度が農林漁業同和対策事業により、国が1/3を負担した。2001年度では小規模零細地域営農確立促進対策事業により、国が2/3を負担した。それぞれの残りの自己負担額は八木町が負担をし、町が立ち上げた「財団法人 八木町農業公社」が管理を行っている。

そして、これにより八木バイオエコロジーセンターでは合計2,700 m³のメタン発酵槽、220 kwh分の発電機、300 m³の貯留槽、850 m³のガスホルダー、それに堆肥施設では1,980 m³の一次発酵棟と3,225 m³分の2次発酵棟が設置されている状態である。

②バイオガスプラント稼動ライン

八木バイオエコロジーセンターのバイオガスシステムは、4つのラインによる糞尿処理システムにより稼動している。

1つ目はAラインと呼ばれるもので、糞尿をメタン発酵し、発生した消化液は液肥として利用されるルートである。これは2000年度に建設されたバイオガスプラントで行われるもので、BIMA2と呼ばれる高温メタン発酵槽で処理された消化液に固液分離をかけ、固形の脱水ケーキは堆肥施設へ、液体は貯留槽へ送られ水田や畑に散布される。2006年における利用では周辺の畑よりも液肥利用地のほうが、収量が高いという結果が出た。

2つ目はBラインと呼ばれるもので、糞尿や食品廃棄物をメタン発酵し、堆肥を生産するルートである。こちらは初期に建設されたBIMA1と呼ばれる中温メタン発酵槽で発酵処理を行い、その後固液分離をかけ、固形は堆肥施設へ送られ、液体は排水処

理施設で「生物脱窒処理を行い脱水ろ液中の窒素分を除去した後、膜分離、凝集沈殿、オゾン処理を通してSS・リン・色素などの除去を行い、塩素消毒の後、河川へ放流」^[27]する。

3つ目はCラインと呼ばれており、家畜糞尿や食品廃棄物に含まれる水分がどう処理されるかを示している。まず搬入された糞尿・廃棄物は計量を済ませた後受入槽に投入する。その後BIMA消化槽へと送られAライン、Bラインの発酵処理が行われる。その後、固液分離をかけられ水分のみが排水処理上から河川へ放流、施設内で再利用、そして液肥として利用するといった処理をする。

4つ目のものはガス・発電ラインである。ここではメタン発酵槽で作られたガスが電気・熱となる過程を示している。八木町バイオガスプラントで1日に発生するメタンガスはおよそ3,029 m³、それらはまず安全装置の中を通り一旦ガスホルダーに蓄えられる。このときバイオガスの成分は、メタンガスが約57%、二酸化炭素が40%、そのほか少量の硫化水素といった状態となる。このガスはその後脱硫塔を抜け硫化水素を除去し、発電機に送られ1日当たり5,058 kWhの電気と、発電により発生する熱エネルギーとなり利用される。電気は施設内の消費電力として使用し、熱は温水で回収後施設内の暖房などに利用する。

③料金設定

八木バイオエコロジーセンターではふん尿の受入料として以前では1頭当たりにつき料金を設定していたが、最近その料金設定を糞尿1t当りに変えるようになった。それにより1t当たり乳牛・豚では892.5円を、おからは8,000円を設定している（表

表Ⅲ-8 八木バイオガスプラントにおける収入単価
(円/t, 円/袋, 円/kWh)

項 目		単価	項 目		単価
廃棄物処理代	乳牛・豚ふん尿	892.5	売電単価	下水処理場	30
	肉牛ふん尿	682		関東電力	
	おから	8,000		日中	10.6
	有機汚泥	11,000		夜間	7.1
堆肥販売	15 kg/袋	315	グリーンエネルギー補助		2.1
	500 kg/袋	3,150			

注) 2006・2009年聞取り調査より作成

表Ⅲ-9 稼働状況 (単位: t, m³, kWh, %)

項 目		計画値	2008年度	比率
1. 投入廃棄物量	乳牛ふん尿	18,141	24,251	134
	豚ふん尿	3,212	990	31
	肉牛ふん尿	4,563	2,490	55
	ふん尿量計	25,916	27,731	107
	おから	3,650	672	18
	有機汚泥	292	1,660	568
	その他 ^{注1)}	5,877	2,923	50
	合計	28,565	32,986	115
	うちプラント原料槽	25,295	27,573	109
2. ガス発生量		1,105,585	753,740	68
3. 電力発生量		1,846,170	1,110,665	60
4. 堆肥生産量		8,651	12,044	139
5. 消化液返還量 ^{注2)}		3,650	4,820	132
6. 消化液散布利用量 ^{注3)}		—	700	—
7. 排水量		16,535	15,422	93

注1) その他の内容としてわら, おがくず, 管理排水がある

注2) 消化液返還量 = (合計投入廃棄物 - 堆肥生産量 - 有機汚泥) × 0.25

注3) 消化液散布量は消化液の実験などに使用されたものを示す。

注) 2004年および2009年聞取り調査より作成

Ⅲ-8)。

この電力による売上としては、まず発電・売電した量に対し発生するグリーンエネルギー補助として、1 kWh 当たり 2.1 円が入る。また関西電力へは日中 1 kWh 当たり 10.6 円、夜間は 7.1 円で販売されており、下水処理場へは 1 kWh 当たり 30 円で販売している。販売先としては、下水処理場への販売が大部分を占めているとのことである。

販売用に作られる堆肥は 15 kg と 500 kg の 2 種類の袋に入れて販売している。消化液は現在ほぼ無料提供の状態となっているが、河川への放流に回した場合浄化の為に高い費用がかかるため、無料で提供している状況でも費用の低減になっている。また配達や散布を依頼された場合は料金をもらっている。この消化液散布料金は堆肥と同額で行われている。

3) 経営の実態と収支分析

①プラント運営実態

バイオガスプラントの稼働状況は表Ⅲ-9 のように投入量は乳牛のふん尿が最も多く、2008 年度では 2 万 4,000 t を越え、計画値の 134% となっている。バイオガスプラントへ投入するふん尿は主に乳牛と豚のものであるが、近年の町内における乳牛の飼養頭数の増加が要因となり、建設当初の計画を大きく超える量となっている。おからは近くの豆腐生造工場から出るもので、投入量は日によりバラつきがあり、最終的に 2008 年度では計画値の 18% にとどまっていた。逆に豆乳や廃牛乳といった有機汚泥は近くの牛乳製造工場からの受入を開始したことにより 1,660 t と計画値を大きく上回り、568% と予定量の 5 倍以上の量を投入している。このような状態により、全体的な廃棄物の受入量は計画値の 115%、メタン発酵施設への投入廃棄物では 109% となっている。

プラント側はメタン発酵時間の短縮などによって対応しているが、そのような発酵時間の変更によるのか、ガスの発生量は68%と低く、それに伴う発電量も予定値の60%にとどまっていた。この電力の利用内容は、そのうちの2,000 kWhを自家利用し、1,000 kWhを排水処理場へ送電、そして残りのものが売電にまわされる仕組みとなっており、自家利用分も不足した場合、電力購入を行っている。

堆肥の生産量は原料の投入量に伴うため、予定量の139%と多く生産されている。しかし、過剰生産により保管場所が確保できず、ふん尿処理利用者に対し投入した原料のうち堆肥なら50%、消化液なら25%を引き取ってもらうというノルマが課せられるようになった。これにより乳牛および豚ふん尿の投入量の25%の消化液、4,820 tが畜産農家に返還されていると考えられ、地域返還計画量よりも多くなった。その他消化液の活用を検討するための実証試験として農地に散布を行った消化液は2008年度ではおよそ700 t程度となっているが、これらの多くは水稻を中心に利用されている。この場合、散布量はおよそ1反当たり2 tを目安に行われている。散布方法は表面散布と流し散布の2通りがあり、主に3・4・5月に散布されている。そのほか、畑作物にも若干利用が行われており、ナス・唐辛子・キャベツ・白菜などがある。ナスと唐辛子に対する消化液の肥料効果は高いとのことであり、キャベツや白菜といった葉ものは現在実験段階にあるとのことである。

消化液の利用内容としては、水田に1 t当たりで利用を行う場合無料で提供しており、運搬・散布料金のみ徴収する形となっている。また、八木町では

作付面積が少ない畑作物や家庭菜園用に関しては、農家が各自プラントへ取りに来てもらう形を取っており、そのさい、1 l当たり1 円での販売となっている。販売内容としては、農協などで利用一回20 円のチケットを100 円単位で購入し、プラントでそのチケットを提出することで、20 lのポリタンク等に消化液を汲むことという仕組みとなっている。また、消化液の運搬を依頼する場合、1,000 円の別途料金を必要とする。

このようにして地域へ還元されることの無かった余剰としての消化液は、その大部分を河川放流により処理を行う。2008 年度における消化液の河川放流量は八木バイオエコロジーセンターへの投入廃棄物の総量から、堆肥生産量と消化液返還量および消化液散布利用量を差し引いた数値で、15,422 tと試算でき、計画値の93%となる。

②収支試算

次に経営収支をみると表Ⅲ-10 のようになっている。費用項目を見ていくと、水道光熱費ではおよそ900 万円、そのうち電力の購入料金はおよそ582 万円となっている。委託料では施設のメンテナンスなどの専門的な部分を外部の業者に委託したものである。人件費はセンターで働いている職員7 名と臨時のアルバイト1 名分の給料で約2,216 万円である。その他の費用には通信費や公租公課、普段の施設運営に関わる管理費用がある。薬剤費は消化液に「高分子凝集剤が添加され、脱水機で固形分が分離」^[27]、また「処理水は着色しているので凝集沈殿、オゾン酸化」^[27] するため、つまり脱水と脱色に必要なものである。この費用は年間およそ2,600 万円である。

表Ⅲ-10 2008 年度における年間収支試算 (1,000 円)

費 用		収 益	
項目	金額	項目	金額
旅費交通費	3,343	原料受入総額	52,129
水道光熱費	8,998	うち 家畜ふん尿	26,226
(うち購入電力料)	(5,817)	うち おから	6,191
消耗品費	650	うち 汚泥	19,712
修繕費	14,657	売電売上	8,970
委託料	2,506	堆肥売上	5,463
人件費	22,162	肥料運搬・散布代	6,821
その他	28,341	その他	31,736
薬剤費	26,000	小計	105,119
減価償却費A	31,318	当期純損失A	23,886
減価償却費B	77,570	当期純損失B	70,138
合計A	129,005	合計A	129,005
合計B	175,257	合計B	175,257

注) 2009 年度聞き取り調査より作成

また減価償却費では現在稼動が始まって14年が経過していることと、償却年数についての聞取りにおいて「もうそろそろ更新の申請を考えようと思っている」とのご意見を伺ったことから、償却年数は残り数年程度と考え20年、定額法で試算を行った。試算はメタン発酵施設と堆肥施設を合わせた金額を表示しており、補助を考慮した減価償却費Aでは約3,132万円、減価償却費Bでは7,757万円となった。これらのことから、費用の合計金額は減価償却費Aを含めると約1億2,900万円、減価償却費Bでは約1億7,526万円となる。

また収益項目をみると、廃棄物受入額は総額が約5,213万円、その内訳として家畜ふん尿が約2,622万円、おからは約619万円、有機汚泥は1,971万円であり、家畜のふん尿がおよそ50%を占めている。また売電は下水処理場への販売が650万円となり、その他電力会社への売電とクリーンエネルギーによる補助収入を合わせて、897万円の収入であった。堆肥販売額は15kgの袋と500kgの袋に詰めた有機堆肥の年間の販売総額である。また、この堆肥は堆肥生産施設で作られているため、原料の中にはバイオガスプラントに投入されていない肉牛の糞尿やおがくずなども含まれている。そして堆肥・消化液散布料は堆肥や肥料用に用いられる消化液の運搬・散布の請負手数料を示しており、年間およそ682万円の収益を上げている。またその他の項目において、地域環境保護などの理由から京都府より支援金を受け取っており、これら収益の合計額は約1億512万円である。

そのため、先ほどの費用総額との差引から、2008

年度における八木バイオエコロジーセンターの経営収支は補助を受けている現在約マイナス2,389万円、今後の施設更新に際し補助金が得られない場合は7,000万円に近い損失が出ると試算した。

4) プラント利用者の経営変化

①畜産農家の原料処理委託利用の効果

八木バイオエコロジーセンターを利用している畜産農家に対し、その利用状況と経営の変化、利用の感想などについてアンケートを行った(表III-11)。返答を得られた農家は合計9戸、そのうち酪農経営を行っているのが8戸で、養豚経営が1戸であった。酪農家は全員が水田を所有しており、最も多く所有していた所では256a、最小面積は60aであり、裏作として野菜を栽培するところも見られた。またこれら8戸の酪農が飼育している乳牛頭数は成牛で419頭、そのうち最も多く飼育していた農家が120頭、少ないところでは18頭という状況である。これらの農家の多くが50代の夫婦2人での経営を行っており、後継者と思われる若い人は3人ほどみられる。

利用者の多くはバイオエコロジーセンターが建設された当初から利用しており、それ以来、経営の規模拡大を行ったところは4か所見られた。内容としては、5頭ほどの飼養頭数の増加をしたところが2件、50頭と60頭の拡大を行ったところがそれぞれ1件ずつである。その他、センターを利用した農家には「経営に余裕が出た」「ふん尿処理以外の作業に力を入れることができる」「悪臭に関する苦情が減った」といった変化が出ている。

そのほか、今後の利用について「利用しようか迷っている」と答えた農家が2件みられた。これらはど

表III-11 アンケート農家の全体

(a, 頭, 戸, t)

経営の項目 (9 戸)	数値	原料投入委託の項目 (9 戸)	戸数	堆肥・消化液利用の項目 (4 戸)				
経営耕地面積	1,062	経営の変化		農家	A	B	C	D
うち水田	1,062	経営に余裕が出た	3	堆肥・消化液の調達量				
水田所有農家数	9	ふん尿処理以外の作業に力を入れることが出来る	5	堆肥	—	0.3	100	40
家畜飼養頭数		休日が増えた	1	消化液	—	10.0	2	10
乳牛 (成牛)	419	バイオガスプラントに対する評価		合計	130	10.3	102	50
乳牛 (その他)	45	良いものと思っている	3	消化液の肥料効果についての評価				
豚	800	まあまあ良いものと思う	6		良	良	優	優
バイオガスプラント利用以降の変化		今後の利用について		消化液利用による経済効果				
飼養頭数拡大農家	4	利用しようと思っている	7		減	減	減	減
拡大した総飼養頭数	120	利用しようか迷っている	2	今後、堆肥・消化液の利用継続				
最大数	60				続けたい	続けたい	続けたい	続けたい
バイオエコロジーセンター利用状況				消化液利用の不満な点				
ふん尿処理利用	8(+1)			散布・流し入れの方法を改善してほしい。				
堆肥・消化液利用	4							

注1) 質問では評価項目を5段階に設定し、最も良い評価から順に優、良、並、下、否として表示している。

注2) 経済効果では肥料費の削減に繋がったかという質問に対し、減ったを「減」、変わらないを「維持」、増加したを「増」として表示している。

注) 2008年度アンケートより作成

ちらも乳牛飼養頭数が18頭の小規模経営者であり、ふん尿処理費用が45万円要しているとのことであった。

②消化液返還の効果

堆肥・消化液利用に関する質問では消化液よりも堆肥を多く利用する傾向にあることが明らかになった。消化液の利用については2～10tと、少ない量しか利用していないことが明らかになった。

このような利用状況になった理由としては、「消化液は扱いが良くわからない」「臭いが抑えられているため、周囲への配慮という意味では良い」といった答えがあることから、肥料としての活用手法が明確になっていないことが考えられる。

そのため八木町としてもふん尿処理利用者へのノルマが経営の負担とならず、かつ地域の資源循環に向けて、消化液活用促進のための説明会などを実施している。

5) 目的の達成度と消化液活用の効果

これらのことをまとめると。八木町ではふん尿過剰問題に対し、八木バイオエコロジーセンターを通して問題の解決と地域の環境保全を目指した。

八木プラントではふん尿をメタン発酵処理および堆肥化することにより、問題の解決及び地域の環境保全を達成でき、加えて八木プラントを利用する畜産農家の経営改善や規模拡大にも効果を発揮した。

しかし、この影響により当初の目的達成を維持するためには消化液の河川放流処理量も増加させる必要があり、そのコストが2008年度では2,600万円と高額であり、施設の運営を圧迫する状況となっていた。消化液の処理方法は河川放流と畜産農家への返還の2通りがあるが、大部分は河川放流を行っている状況であった。そのため八木プラントでは消化液および堆肥について畜産農家に返還のノルマを課し、河川放流量を減らす方針を出した。

畜産農家への返還についてみると、返還量は4,820tと投入ふん尿量のおよそ2割であり、またこの返還が行われることにより、消化液の河川放流量は計画値の100%を下回ることになる。

つまり、八木プラントでは消化液の25%を畜産農家が利用することで、地域の環境保全の維持に加え資源循環の効果も果たせている。

また2008年度の河川放流量15,422tに対する薬剤費は2,600万円であったことから、消化液1tあたりの処理費用は1,686円と試算できる。このことから畜産農家への返還は八木プラントにとって8,126,520円の費用削減効果も果たしており、この金額は2008年度の薬剤費のおよそ3分の1に匹敵

する金額であり、河川処理作業量の減少という意味も含め、経営に大きな効果を果たしていると考えられる。

3. 地域分配活用の事例分析

(1) 資源循環を地域的に行う地域分配活用

戦後、先進国では農業においても大規模化が進んだことは前述のとおりである。地域分配活用はそのような大規模経営を行ったことにより、酪農家が所有農地だけでは対処しきれなくなったことにより、近隣農家と連携をとるようになった事例といえよう。

ここでは、バイオガスシステム主体の経営分析と酪農経営体の経営内容の変化に加え、消化液利用農家の経営変化についてみていく。

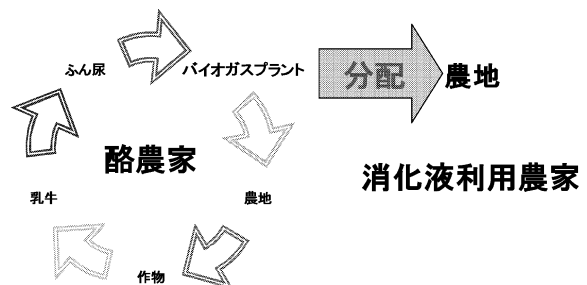
(2) 鈴木牧場プラントの事例分析

1) 地域農業の概況と士幌町のバイオガスシステム導入目的

士幌町は十勝管内にある、畜産と畑作が盛んな地域である。農業生産物の全体的な推移としては表Ⅲ-12にあるように、農家戸数が1970年の733戸から2005年には411戸と56%にまで減少を続けたなか、乳牛飼養頭数は3,045頭から17,323頭まで増加し、その増加率は568.9%となっている。また収穫面積も9,955haから14,575haと、146.4%増加した。

また2005年度における酪農家の状況を見ると、90戸あるうちの43戸が100頭以上の飼養頭数を扱っており、酪農家の大規模化が展開されている。

次に収穫面積の状況を主力4品目と飼料用作物について詳しく見る。士幌の耕地における主力4は小麦、ばれいしょ、豆類、てん菜である。過去からの推移を見ると、1970年代は豆類が特に主力農産物で小麦はあまり生産されていなかったが、次第に豆類は生産量が減少し、他の飼料作物を含む主力農産物の収穫面積が増加してきた。そして2005年度ではこれらの主力農産物が士幌町の収穫面積の93.9%を



図Ⅲ-2 地域分配活用の流れ

表Ⅲ-12 士幌町の農業状況

	2005	2000	1990	1980	1970
農家戸数 (戸)					
総農家数	411	440	514	561	733
うち畜産	90	97	110	146	275
乳牛飼養頭数 (頭)					
総頭数	17,323	15,518	11,696	7,672	3,045
うち2歳以上	9,964	9,037	6,631	5,492	2,052
一戸あたり飼養頭数 100頭以上 (戸)	43	38	82(50～)	100(30～)	32(15～)
耕地面積 (ha)					
収穫総面積	14,575	13,829	13,983	12,714	9,955
一戸あたり耕地面積	35.5	31.4	27.2	22.7	13.6
小麦	2,579	2,141	2,562	1,371	282
ばれいしょ	3,023	2,691	3,023	2,742	2,230
豆類	1,177	1,560	1,177	2,132	3,300
てん菜	2,309	2,265	2,298	1,725	1,378
飼料作物	4,593	4,417	4,593	4,569	2,249

注) 農業センサスより作成

占めており、なかでもばれいしょの収穫面積は地域の特産品ということもあり、2005年度では3,000 haを越えている。

つまり士幌町の農業状況から、酪農家1戸あたりの乳牛飼養頭数や街の収穫面積が増加してきたが、飼養頭数の増加に対する収穫面積の増加割合は低く、酪農家においてふん尿の過剰が出ている状況が窺えた。加えてバイオガスプラントから出る消化液は町の主力農産物のうち、ばれいしょを除く農産物に利用でき、その収穫面積は町全体の7割以上であった。

そのような地域環境の中、町ではふん尿問題の解決と共に衛生的な生産、持続可能な循環型農業の展開を目指した土づくり、そしてふん尿処理に要する労働力軽減と新エネルギーの活用などを背景に、畜産バイオガスシステムを導入した。

2) 士幌町のバイオガスシステム全体像

導入のための取り組みは1998年から行われており、取り組みが行われた当初はバイオガスシステム

の普及が進んでいたヨーロッパの事例を参考とし、大規模共同利用型バイオガスプラントの導入を模索していた。しかしその後実証施設としての意味も含め地域の中で個別型バイオガスプラントを3基導入することとなった(表Ⅲ-13)。

町が導入したバイオガスプラントは町内の南地区、佐倉地区、新田地区の3か所に設置した。設置した酪農家は導入に際し協力的であった酪農家から選定し、それぞれの規模はおよそ200頭のものとなっている。

建設にあたり、初期費用は50%を国が、40%を道が、残り10%を町が出資した。利用農家は、町の10%に対し、リース料として15年かけ、毎年60万円ずつ支払う形をとっている。

3) 鈴木牧場とバイオガスシステムの概況

2009年度において、鈴木牧場は乳牛飼養頭数360頭、そのうち成牛220頭、乳牛180頭という多頭化飼育農家である。経営耕地面積は全体で55 ha、そのうち借地は25 haで主に牧草やデントコーンを作付

表Ⅲ-13 士幌町の3つのバイオガスプラント (千円、年・月)

	南地区	佐倉地区	新田地区
施工会社	栗本鐵工所(株)	(株)コーンズ・エージー	(株)土谷特殊農機具製作所、(株)共成
総工費	68,000	79,500	56,000
工事期間	2003.11～2004.3	2003.1～2004.3	2004.7～2005.1
処理対象	フリーストール牛舎	フリーストール牛舎	フリーストール牛舎
	成牛250頭	成牛250頭	成牛200頭

注) 士幌町役場提供資料より作成

けている。牧場の労働力としては家族3人に加え研修生が3人、そのうち韓国から研修にきている人が2人いる。乳牛1頭あたりの乳量は年間8,000kg、2009年度の売上は約1億6,000万円である。

バイオガスプラントを利用し始めた当初は飼養頭数400頭、経産牛250頭であったとのことで、プラントはその当時の規模に合わせた設計で建設された。上述のように南地区における鈴木牧場のバイオガスプラントは建設費が6,800万円と、日本で導入されているバイオガスプラントの中では比較的低価格となっている（表Ⅲ-14）。またそのうちの半額に国が、40%に北海道が補助を出しており、出資者である町の出資額は680万円にとどまった。またこの出資額についても運営主体である鈴木牧場がリース料を支払うことにより償却できる形となっている。鈴木プラントの規模は経産牛250頭分のふん尿を処理するものであり、受入槽は故障などにより一時期動かなくなっても大丈夫なように3日分の投入が可能な要領となっている。発酵槽ではふん尿を中温発酵で30日近く滞留させることができるよう設計されている。貯留槽は投入量の220日分の容量を持つスラリータンカーである。発電機は建設当初に導入していたもの(30kW)に不具合があったため、脱硫装置と合わせて新装し、それいらい発電は安定して行われているとのことである。散布用のトラクター

表Ⅲ-14 鈴木プラント概要
(年, 千円, m³, kW, t/台)

出資者	士幌町	
管理者	鈴木牧場	
項 目	数値	備 考
設立年度	2004	
建設費	68,000	
うち補助金	国	34,000
	道	27,200
町の出資額	6,800	全体の50% 全体の40% 全体の10%
施設規模		
受入槽	50	蓄積可能量：約3日分 投入可能量：15t/日
発酵槽	424	
貯留槽	3,300	
発電機	46	2007年5月に新装 散布が楽になる設計
散布用機械	20	

注) 士幌町提供資料より

表Ⅲ-15 鈴木プラント消化液散布量の推移 (台)

	2005	2006	2007	2008	2009
鈴木牧場利用量	200	215	200	200	200
他農家利用量	72	107	129	131	186

注) 士幌町役場提供資料より作成

* 散布車1台＝消化液20トン換算とする

は特徴的な設計がされており、貯留槽からのくみ上げでは運転手が車から降りる必要が無く、かつ消化液20m³の汲み上げが2分で行え、そして散布作業では5分で排出できるようになっている。

近年の消化液利用量は表Ⅲ-15に示すとおりである。これによると、年間の消化液のうち散布車およそ200台分を鈴木牧場が利用しており、残りの過剰分を契約している畑作農家^{※1)}が利用する形を取っており、その利用量は年々増加している。つまり鈴木牧場ではバイオガスプラントを導入したことにより、ふん尿過剰問題を解消できていると考えられる。

4) 鈴木牧場バイオガスプラントの収支試算

上記のような運営を行っている鈴木バイオガスプラントの運転収支を試算すると表Ⅲ-16のようになる。まず電力の自給による費用削減効果は聞き取り調査によると、脱硫装置と発電機を新装して以来故障なども無く安定して24時間フル稼働させることができているとのことなので、電力を使用していると思われる日中の12時間は牧場内の需要電力の自給にあてると考える。電力単価は一般家庭における電力購入価格として1kWhあたり15円で試算を行う。それによると電力自給額はおよそ年間300万円と考えられる。

次に収益に関わる項目を見ていく。まず牧場で電力需要が少ない夜間12時間における売電売り上げについては、聞き取り調査時のものを採用し、ホクレンへの売電売上が約30万円、加えてグリーンエネルギー補助として約50万円である。消化液の運搬・散布請負料ではトラクターでの運搬1回(消化液20t分)を6,000円と設定しているため、散布依頼を行った回数186回の料金となり、111万6,000円と試算できる。加えて散布活動の実施による町からの補助金が50万円となる。これらを合わせると約544万円となった。

支出項目では、消化液の運搬・散布に伴う燃料代および人件費が先ほどの運搬・散布請負料と同価格と考え111万6,000円。そして維持・管理費としてのメンテナンス代として鈴木牧場では70万円を要している。そして町からのリース料は、補助を考慮したリース料Aでは現行の料金として60万円、補助を考慮しない場合のリース料Bでは減価償却費と同じ試算方法を行う。取得減価は6,800万円、残存価格は取得減価の10%とした場合の償却金額は6,120万円、この金額を15年間で支払う場合、年間のリース料は408万円となる。新たに用意した発電機と脱硫装置については直接減価償却費の計上を行う。それぞれの取得原価は発電機が1,000万円、脱硫装置

表Ⅲ-16 鈴木プラントの稼動収支

(千円)

項 目	金額	備 考
費用削減 電力自給	3,022	552kWh/12h×15円/kWh×365日
収益		
売電	800	売電売上50万円+グリーンエネルギー補助30万円
運搬・散布料	1,116	6,000円/運搬1回×186回(2009)
散布補助金	500	町が支出, 消化液散布活動に対し
計	5,438	
支出		
燃料・人件費	1,116	消化液散布にかかるコスト
メンテナンス代	700	
リース料A	600	現行のもの, 町に支払う額
リース料B	4,080	補助金額を除外した場合
減価償却費	720	新たに購入した発電機と脱硫装置のもの
計A	3,136	
計B	5,916	
差引A	2,302	
差引B	△ 478	

注) 2009年度聞き取り調査を基に作成

表Ⅲ-17 アンケート回答者の経営概況

(人, ha)

	A	B	C	D	E	F
構成員人数	4	4	4	2+2	2	2+(43)
所有農地	48	43.5	18	40.5	25	27
2009年度作付面積						
小麦	13.5	10	8.5	10	7.5	3
ビート	12	10	8.5	10	15.5	
ばれいしょ	12.5	9	8.5	8	10.5	
大豆					2	25
小豆	4.4		3	7.5	4	
その他野菜類	5.3	11	4	5	2.5	6
飼料作物		3	3.5			
作付面積合計	47.7	43	36	40.5	42	34
農業粗収益 ^(注)	B	A	B	B	B	C

注) A: 5,000万円～1億円, B: 3,000万円～5,000万円, C: 3,000万円未満

注) 2010年度実施アンケート結果より作成

が200万円であった。これらも同様に耐用年数を15年にて試算を行うと年間72万円となる。そのため鈴木プラント稼動に伴うコストは現行ではおよそ350万円、補助を考慮しない場合はおよそ940万円と試算した。

結果として現行の収支は約194万円のプラスとなったが、リース料Bでは約396万円のマイナスとなった。現行の収支がプラスとなった要因としては、プラント導入に伴う国や北海道からの補助率が高いことに加え、町が資源循環の支援として消化液散布に対し補助金を設定したことが大きい。また発電機を新装したことにより発電が安定し、牧場の需用電力を賄うと共に売電も行えたことも要因の一つといえる。

5) 消化液利用農家の経営変化と評価

①消化液利用者の概況

上述したように、鈴木プラントでは消化液を利用する農家が12戸いる。この12戸の消化液利用農家の、これまでの消化液利用量について2005年度からみていくと、先ほどの表Ⅲ-15のようになり利用する年度、しない年度などあるが徐々に利用者や利用量を増やしている。

これらの農家に対し消化液利用と経営への変化についてアンケートを行った。アンケートの返却は半数の6戸であった。これらを見ていくと、経営概況は表Ⅲ-17のようになり、労働人数は4人での経営が多くみられた。作付け作物は土幌町の主な畑作物を中心になっている。

消化液の利用を始めたことによる経営の変化を聞いたところ、労働に関する変化では散布の依頼をすることから、「労働力に余裕が出た」と答えるところが多くみられ、2戸で「収量が増加した」と答えた(表Ⅲ-18)。加えて「その他の変化」として1件、「雑草が以前より増えない」と答えており、消化液の特徴である雑草種子が死滅というものが効果を出していた。肥料効果についての質問では5段階評価にて質問をしたが、そのうち最も評価の高い「以前よりも効果が高い」と答えたが2戸、次に評価の高い「以前よりもまあまあ効果が高い」が2戸、中間的評価の「以前とあまり変わらない」が1戸と答えており、それ以降である悪くなったという2項目に回答はなかった。

②アンケート回答者の消化液利用作物の推移

利用を始めた頃の2005年度と2009年度における散布対象について見てみると表Ⅲ-19のようになる。利用が見られたのは、小麦・ビート・大豆・人参(加工用)・飼料作物である。2005年度では小麦・ビート・大豆にそれぞれ1戸ずつが利用している状況であったが、2009年度では小麦とビートで利用者が増え、更に人参と飼料作物の利用が増えたという形となる。

加えて、肥料費の変化についてみると、小麦・ビート・大豆では消化液投入により、市販肥料の散布料を減らしたことで減額したという回答が得られた。人参と飼料作物では市販肥料の施肥量は変わらず、消化液などを追加したことにより肥料費の減額はなかった。しかし全体として「肥料代を抑えることができた」が5戸、「以前と特に変わらない」が1戸と

いう返答であった。

ここでは中でも特に利用量が多いE農家について、消化液の利用による経営の変化をみていく。E農家は鈴木プラントとは車で5分程度の距離に農地を構えており、40代のご主人と30代の奥さんで農業を営む専業農家である。経営耕地面積は40ha、そのうち所有面積は25haである。2009年度の作付け作物としてはビート7.5ha、小麦15.5ha、ばれいしょ10.5ha、大豆2ha、小豆4ha、加工用的人参2.5haとなっている。売上は3,000万円から5,000万円の間とのことである。

E農家が消化液を利用するようになったのは2005年度から、きっかけはバイオガスプラント関係者が薦めていたことや知り合いの農家が利用しており、良い成果が出たと聞いたこと、また近年の肥料価格高騰による肥料代替といったことを挙げている。消化液利用に際しては良い成果が出たという情報もあり、余り不安に感じることはなかったとのことである。

消化液を利用する前後の施肥状況を表Ⅲ-20に示した。これを見ていくと小麦では10aあたり、市販肥料を基肥時に10kg減らし、消化液を4～5t導入している。ビートでは堆肥の散布面積を減らし、その分を消化液で補充し、市販肥料の施肥量は変えていない。ばれいしょは消化液の利用に不向きなため使わず、市販肥料のみとしている。大豆や小豆といった豆類には消化液は効きすぎると聞いていたとのことで、市販肥料のみである。加工用人参では市販肥料の量を減らさず、消化液を基肥時に追加する形となっている。

これをもとに肥料費の変化を見た場合、表Ⅲ-21のようになる。これを見ると消化液を利用した小麦やビートでは変わりに市販肥料や堆肥の量を減らした状況が伺え、結果として2009年度の施肥量は消化液利用以前に比べ約10万円のコスト増となっている。

6) 目的達成度と消化液活用の効果

これらのことから、鈴木プラント導入は鈴木牧場が抱えるふん尿過剰問題を解決し、目的であった地域資源の新エネルギー活用も行えていた。さらに消

表Ⅲ-18 消化液利用による経営変化

		回答数
作業労働の変化	今の方が楽	5
	以前と変わらない	1
	以前の方が楽	0
消化液の肥料としての効果	以前よりも効果が高い	2
	以前よりもまあまあ効果が高い	2
	以前とあまり変わらない	1
	以前よりあまり効果が無い	0

注) 表Ⅲ-17と同じ

表Ⅲ-19 消化液利用の変化 (戸, ha)

		小麦	ビート	大豆	人参(加工用)	飼料作物
2005年度	利用農家数	1	1	1	—	—
	散布面積	5	8	3	—	—
2009年度	利用農家数	2	3	1	1	1
	散布面積	13	22.5	3	2.5	5

注) 表Ⅲ-17と同じ

表Ⅲ-20 A農家の施肥変化 (t/10a, kg, ha)

小 麦								
	利用以前 (15ha)				2009年度 (15ha)			
	基肥	面積	追肥	面積	基肥	面積	追肥	面積
堆肥	4～5	5	—	—	4～5	5	—	—
消化液	—	—	—	—	4～5	10	—	—
市販肥料	60	15	40	15	50	15	40	15
市販肥料 基肥：KB850 (¥1,745/袋=20 kg 2010年3月)								
ビ ー ト								
	利用以前 (7.5ha)				2009年度			
	基肥	面積	追肥	面積	基肥	面積	追肥	面積
堆肥	4～5	7.5	—	—	4～5	4	—	—
消化液	—	—	—	—	4～5	3.5	—	—
市販肥料	100	7.5	—	—	100	7.5	—	—
堆肥：町内肉牛センターのもの (¥250/t)								
ばれいしょ								
	利用以前 (10.5ha)				2009年度			
	基肥	面積	追肥	面積	基肥	面積	追肥	面積
堆肥	—	—	—	—	—	—	—	—
消化液	—	—	—	—	—	—	—	—
市販肥料	70	10.5	—	—	—	60～80	10.5	—
大 豆								
	利用以前				2009年度			
	基肥	面積	追肥	面積	基肥	面積	追肥	面積
堆肥	—	—	—	—	—	—	—	—
消化液	—	—	—	—	—	—	—	—
市販肥料	—	—	—	—	20	2	—	—
小 豆								
	利用以前 (4ha)				2009年度			
	基肥	面積	追肥	面積	基肥	面積	追肥	面積
堆肥	—	—	—	—	—	—	—	—
消化液	—	—	—	—	—	—	—	—
市販肥料	60	4	—	—	60	4	—	—
加工用人参								
	利用以前				2009年度			
	基肥	面積	追肥	面積	基肥	面積	追肥	面積
堆肥	—	—	—	—	4～5	2.5	—	—
消化液	—	—	—	—	—	—	—	—
市販肥料	140	2.5	30	2.5	140	2.5	30	2.5

注) 聞き取り調査より作成

表Ⅲ-21 A農家における肥料費の増減金額試算

作物	肥料名	増減量	増減額(円)
小麦	消化液	+ 500 t	150,000
	市販肥料	-1,500 kg	-130,875
ビート	堆肥	- 175 t	-43,750
	消化液	+ 175 t	52,500
大豆	市販肥料	+ 400 kg	34,100
加工用人参	消化液	+ 125 t	37,500
肥料費増減			99,475

注) 表Ⅲ-20 および JA 士幌町「平成 22 年度肥料概算価格表」より作成

化液の利用農家分配活用により、目的の一つであった資源循環としての耕畜連携を構築し、また利用農家としても近年高騰する市販肥料の利用量を減らし、生産費における肥料費の調整役として効果を果たしていた。

しかし、これらは町としては全体の一部であり、今後も目的達成に向けた取り組みを目指す必要があるだろう。

注

注1) 土幌町のバイオガス事業では消化液の散布による資源循環を目指すにあたり、各バイオガスプラントに対し、数戸の畑作農家と消化液の散布利用について取り決めを行っている。鈴木牧場では近隣の畑作農家12戸が鈴木プラントの消化液を利用できている。

(3) 山鹿バイオマスセンターの事例分析

1) 地域農業の概況とバイオガスシステム利用目的

山鹿バイオマスセンターのある鹿本町は山鹿市内のなかでも農業が盛んに行われている地域であり、過去15年の推移をみると、農家戸数と経営耕地面積は若干の減少を示す状況である(表Ⅲ-22)。しかし、肉用牛の農家戸数の減少は著しく1990年に69戸あった肉用牛生産農家が2005年では19戸にまで減少している。そのような状況ではあるが、2005年では山鹿市全体ではおよそ3分の1の専業農家数が鹿本町ではおよそ半数を占め、専業農業者率の数の減少はとどまっている様子である。また鹿本町の作物栽培では水稻の作付けが多く、経営耕地面積のおよそ9割を占めている。また残りの畑作では麦や白菜、キャベツなどの生産が行われている。畜産では酪農と肉用牛の生産が多く、2005年における農家戸数はほぼ同数となっている。

鹿本町ではバイオガスプラント稼動後に市町村合併が行われている。合併後もふん尿処理サービスの利用者は旧鹿本町の農家に限られているが、堆肥や消化液の利用は旧鹿本町以外の農家も可能である。消化液は現在、水稻や麦を中心に利用されている。

山鹿市バイオガスプラントは「基幹産業である農

業を核とした物質(資源)の循環を基本に、環境に負荷を与えない持続的に発展可能な生産システムやライフスタイルを形成する『環の地域づくり』^[28]に取り組む目的で、旧鹿本町が2006年に建設し、現在は山鹿市鹿本総合支所が管理している(表Ⅲ-23)。

山鹿バイオマスセンターは、環境都市を目指していた市が2002年の「バイオマス・ニッポン総合戦略」を活用して建設が計画されたものである。総投資額約10億円をかけて2006年に建設された。

また、投入物においても乳牛・肉牛・豚のふん尿に加え、一般家庭・事業系の生ごみ、その他周辺地域から出る生活排水も受け入れている。そしてそれに合わせて受入槽も生ごみ用とふん尿用の2つを設置している。

受入槽を通過した投入物は固液分離をかけられ、固体は堆肥舎へ、そして液体はメタン発酵層へと運ばれる。堆肥舎に運ばれた固体物は準備槽、脱臭槽、1次発酵槽、2次発酵槽へと、段階的に脱臭・発酵が行われ、最終的には堆肥として販売されている。液体物は発酵槽でメタン発酵処理が行われた後、加熱殺菌設備で殺菌処理した後、貯留層に送られる。

メタン発酵中に発生するバイオガスは脱硫設備へと送られ、脱硫処理を施された後ガスホルダーへと送られ、その後発電に利用される。脱硫設備は1次に生物脱硫、2次に乾式脱硫を置くという2段構造となっており、原料中では1,500 ppmほどあった硫化水素濃度をほぼ0 ppmにまで下げる効果がある。

発電機は100 kWのものを2基用意しており、コージェネレーションシステムにより電気と熱エネルギーを回収している。また、こちらでは発電量が施設内の必要電力をまかなえない場合は重油を燃料として発電機を動かしており、電力の購入は行っていない。

表Ⅲ-22 鹿本町の農業状況の推移 (戸, ha, 頭)

	2005		2000	1995	1990
	山鹿市	うち鹿本町			
販売農家戸数	3,433	467	647	575	620
うち専業農家数	1,125	202	133	202	220
経営耕地面積	4,890	715	789	829	891
うち水田	3,305	641	692	723	773
うち畑	856	70	82	103	116
酪農経営体	62	20	22	24	28
乳牛飼養頭数	2,289	818	785	851	901
肉用牛農家	158	19	29	43	69
総飼養頭数	4,014	506	500	495	616

注) 農業センサスおよび平成20年度山鹿市統計資料より作成

表Ⅲ-23 山鹿バイオガスプラント概要

管理主体	熊本県山鹿市		
建設日	2006年		
項 目	単位	数 値	詳 細
建設費	千円	1,027,000	メタン発酵施設：408,975
			堆肥製造施設：304,675
			脱臭設備：89,570
			付帯工・設計 他：223,780
(うち補助金)	千円	616,200	国：50% 県：10%
(うち自己負担額)	千円	410,800	全体の40%
敷地面積	m ²	15,158	
発酵槽	m ³	1,400	
ガスホルダー	m ³	300	
発電機	kW	200	100×2
貯留槽	m ³	8,500	4,275×2
堆肥製造施設	m ³	5,340	2,348+2,992
受入槽	糞尿用と生ごみ用の2箇所		
脱硫設備	1次：生物脱硫 2次：乾式脱硫		
脱臭設備	生物脱臭＋科学脱臭		

注)「山鹿バイオマスセンター」及び聞き取り調査より作成

表Ⅲ-24 施設使用料及び運搬・散布手数料(消費税別)

区 分	金 額	備 考
施設等使用料	ふん尿(水分調整不要)	300円/t 水分調整不要(肉用牛)
	ふん尿(水分調整必要)	400円/t 水分調整必要(乳牛・豚)
	生ごみ処理(事業所系)	10円/kg 事業所系
運搬・散布手数料	ふん尿収集運搬	200円/t
	液肥運搬及び散布	500円/t 1t=1,000ℓ換算, 水稻(追肥)・麦・飼料作物用
		900円/t 1t=1,000ℓ換算, 水稻(元肥), リン酸肥料添加
	堆肥運搬	300円/t
堆肥販売単価	堆肥散布	1,000円/t
	肉牛ふん堆肥	3,500円/t 1t=2m ³ 換算
	乳牛ふん堆肥	5,000円/t 1t=2m ³ 換算, 低カリ(施設園芸向き)

注) 山鹿バイオマスセンター提供資料より作成

バイオマスセンターの収容要素には大きく分けてふん尿・生ゴミの受け入れ料金、堆肥の販売売上、そして堆肥や消化液の運搬・散布料金の3つからなる(表Ⅲ-24)。ふん尿の受け入れでは、水分をあまり含んでいないものに対しては1t当たり300円、逆に水分を多く含む物に対しては400円を設定している。この金額は、ふん尿を固液分離にかかる必要があるかどうかで違いが出ている。そのほか、食品加工工場などから出る事業用生ごみに関しては1kgに対し10円の金額となっている。運搬・散布料金では、消化液の運搬・散布の金額に差が発生している。これは、散布を行う作物や元肥・追肥により、散布量に違いがあるためであり、それぞれ500円と900円に設定されている。

2) 山鹿市バイオガスシステムの概況と実態

2006年度におけるバイオガスプラントへの原料投入量と各生産量は表Ⅲ-25のようになっている。投入量では乳牛・肉牛・生ごみの量が少なく、予定量を上回っているのは豚のふん尿のみであった。豚のふん尿量が高くなっている理由は、現在利用している養豚農家の数が、計画当初予定していた数より増えているためである。このような状況のなか、バイオガスプラントへ投入される乳牛と豚のふん尿、そして生ごみの量は計画の57.1%であった。またそれにより得られたバイオガスや発電量は計画値の50%を若干下回る状況となっている。堆肥と消化液の量はそれぞれの正確な数値が得られないが、先ほどの投入量と同量と考えると、総生産量の割合は

表Ⅲ-25 原料投入量と各生産量の予定量と実際量との比較

(t/年, m³/年, kWh/年, %)

投入物	予定量	実際量	割合	生産項目	予定量	実際量	割合
乳牛ふん尿	19,126	9,992	52.2	バイオガス	431,430	210,645	48.8
肉牛ふん尿	4,125	1,473	35.7	発電量	910,310	420,250	46.2
豚ふん尿	3,796	4,574	120.5	堆肥	4,380	16,483	75.9
生ごみ	1,095	444	40.5	消化液	17,336		
生活排水	730	0	0				
合計	28,872	16,483	57.1				

注) 山鹿バイオマスセンター提供資料より作成

表Ⅲ-26 2006 年度および 2009 年度における年間収支試算 (1,000円)

費 用			収 益		
項目	2006	2009	項目	2006	2009
旅費交通費	3,512	2,610	家畜ふん尿受入料	6,714	6,374
水道光熱費	6,023	4,491	生ゴミ受入料	1,778	1,132
(うち電気料金)	(88)	(152)	ふん尿回収手数料	1,367	726
消耗品費	2,319	2,178	液肥運搬・散布料	4,048	3,380
修繕費	1,816	1,410	堆肥運搬・散布料	1,444	1,561
委託料	11,681	13,220	堆肥売上	10,082	13,275
その他	267	335	その他	681	958
減価償却費 A	18,486	18,486	当期純損失 A	17,990	15,324
減価償却費 B	46,215	46,215	当期純損失 B	45,719	43,053
合計 A	44,104	42,730	合計 A	44,104	42,730
合計 B	71,833	70,459	合計 B	71,833	70,459

注) 2009 年度聞き取り調査より作成

75.9%であると推測できる。この消化液はいったん貯留層へと運ばれ溜められるが、貯留層内の量は一定量より増加していないということから、近年は生産量と同じ量が利用されていると考えられる。

また 2006 年度および 2009 年度の収支状況は表Ⅲ-26 のようになっている。具体的にみていくと、交通費はふん尿回収や液肥・堆肥の運搬・散布に関わるものであるが、2009 年度は 2006 年度に比べ 90 万円ほど減少している。水道光熱費も 150 万円ほどの減少となっており、また各年度における電気料金はガス発電による自給の効果により低い金額となっている。消耗品は大きな変化は無いが、修繕費では 40 万円の減少が見られ施設のトラブルが減少している可能性がみられる。しかし、メンテナンス等にかかる外部への委託料が 150 万円ほど増加している。減価償却費は建設費のうち補助額を除く、センターの管理者である鹿本町が出資した金額を取得原価とした場合、町が計画した償却年数 20 年により定額法にて試算した金額を用い 1,848 万 6,000 円となった。また補助金を除外した場合では約 4,622 万円になる。

売上項目ではその内訳としてふん尿や生ごみの原料受け入れ料金が 2006 年度では約 849 万円であっ

たものが、2009 年度ではふん尿受入と生ごみ受入のどちらも減少し約 751 万円となった。ふん尿回収や運搬・散布にかかる手数料では 2006 年度ではおよそ 686 万円であったが 2009 年度には 567 万円と減少している。逆に堆肥の販売売上は 1,008 万円から 1,328 万円に増加しており、バイオマスセンターの主な収入源は堆肥の売上となっている。合計は 2006 年度のおよそ 2,611 万円から 2009 年度では 2,741 万円と増加している。

最終的な損益として 2006 年度の場合、減価償却費 A はマイナスの 1,799 万円であり減価償却費 B ではマイナス 4,572 万円であった。2009 年度は 2006 年度に比べ収支が改善され、減価償却費 A ではマイナス 1,532 万円、減価償却費 B はマイナス 4,305 万円という試算となった。

以上のことから、両年度のバイオガスプラントの年間収支は 1,000 万円以上の赤字経営となっており、このマイナスの原因は稼働状況が低いことと減価償却費が高額なことにあると考えられる。

3) ふん尿処理利用農家の利用状況

山鹿市では消化液の利用先は主に水田であり、センターの散布基準では元肥で 1 反当たり 3.5 t、追肥は 1.5 t と設定している。運搬や散布を依頼すれば

表Ⅲ-27 アンケート回答者の消化液利用状況
(戸, 10a, t)

項目	数値	項目	数値
利用農家数	8	運搬距離	
耕地面積	385.6	1～5分	4
うち水田	176.3	6～10分	3
うち畑	102.8	10分以上	1
うち牧草地	106.5	運搬・散布を依頼した	1
消化液利用量	1,530		

注) アンケート結果を基に作成

有料となるが、農家がセンターに直接取りにくれば無料で利用することができる。また上述したように貯留槽内の消化液量が、投入を行っているにもかかわらず増加をしなくなったとのことから、消化液の利用者数は徐々に増加を示していると考えられる。

このような状況にある消化液を利用している畜産農家に対し、アンケートを行った結果が表Ⅲ-27である。アンケート対象者はバイオガスプラントにふん尿処理の利用を行っている畜産農家である。回答を得られた8戸の農家では、全員が水田を所有しており、畑地は5戸、飼料作物は4戸が所有していた。つまり水田と畑地と飼料作物の3つを持つ農家は1戸見られる状況である。回答者はこれらの耕地に消化液を利用しているが、その利用量はバイオマスセンターの基準で試算するとおよそ1,530tとなり、年間生産量の10%程度の利用量となる。

回答者の主要農地からバイオガスプラントまでの移動距離をみると、鹿本町内ということもあり5分以内で到着する距離の農家は4戸、逆に10分以上を要する農家は1戸のみと、センターの近隣にいる農家が多い。このことから鹿本町内における農家はプラントから経営耕地まで片道10分前後で移動できると考えられる。

また回答者の多くは消化液を自分でプラントに取りに来て利用している。その中に、消化液の運搬・散布を依頼していると答えた農家が1件あった。この農家(A)は一人で農業を行っている高齢の男性であり、肉牛を5頭飼育し、水田1ha、飼料作物を75a所有し消化液を50t利用していた。消化液の運搬および散布は輸送距離に関わらず1tあたり500円と設定されているので、その運搬・散布料金は2万5千円である。

4) 消化液利用農家の経営変化

①利用農家の分布と構成員

消化液の利用者は事業開始に伴い、鹿本町の地理組として町の農家に呼びかけていた。その甲斐もあり、利用者は町全体に存在している(図Ⅲ-3)。

利用農家の年齢層と労働人口を見ていくと、年齢層では全体として高齢者が多く、60代以上の農家が回答者の中で半数を占めた。また農家1戸における労働人口は2人という答えが最も多く、夫婦での経営が多い状況であった。また経営形態では専業農家が多くいることがわかる。

②各地区における作付面積

上述のように散布作業を行う場所は鹿本町に設定している。利用者は表Ⅲ-28のように各地区に存在する。利用者の状況を見ると、全体として水稻と麦作の作付けが多く、消化液利用も水稻・麦を中心に、野菜類や飼料作物などにも利用していることが窺える。野菜類にはアスパラや黒大豆、白菜、ごぼう、キャベツ、甘藷とその苗、カブ、しそなどが見られた。

これらのように山鹿プラントの所在地に対し、散布請負地域が町内全域となっているため、プラント付近の地区では散布費用は請け負い料金の1tあたり500円で賄えるが、川を挟んだ対岸地区の分田・



- ・ A: 山鹿市バイオマスセンター
- ・ B: 鹿本町庄
- ・ C: 鹿本町高橋
- ・ D: 鹿本町石渕
- ・ E: 鹿本町小嶋
- ・ F: 鹿本町梶屋
- ・ G: 鹿本町中川
- ・ H: 鹿本町御宇田
- ・ I: 鹿本町分田
- ・ J: 鹿本町中分田
- ・ K: 鹿本町下分田
- ・ L: 鹿本町小柳

図Ⅲ-3 鹿本町の消化液散布請負地区

注) HP「MAPPLE 地図ちず丸」より作成

表Ⅲ-28 鹿本町消化液利用農家の地区別、作物別面積

(戸, a)

地 区	戸数	総面積	水稲	利用者	畑 作				飼料作物	利用者	その他	利用者
					麦(大・小)	利用者	他野菜類	利用者				
鹿本町庄	2	245	110	2	80		17		157	1		
鹿本町高橋	2	4,560	2,030	2	2,200				330	1	300	
鹿本町石渕	2	695	350	1			180		150	1	20	
鹿本町小嶋	5	2,207	821	4	1,005	1	381					
鹿本町梶屋	1	770	300		300	1	130					
鹿本町中川	5	4,740	1,970	2	2,010	4	715		185			
鹿本町御宇田	3	482	182	2	263	3	300	1				
鹿本町分田	1	640	390	1	250	1						
鹿本町中分田	3	3,195	1,235	2	1,960	2						
鹿本町下分田	3	404	215		50	1	14		125			
鹿本町小柳	1	240	110		80	1	17	1	157	1		
合 計	28	18,178	7,713	16	8,198	14	1,754	2	1,104	4	320	0

注) 2010 年度アンケート調査より作成

表Ⅲ-29 消化液利用による経営変化

(戸)

質 問 項 目		回答数
現在消化液を利用して、その肥料効果は消化液利用以前の肥料と比べ、どのように評価していますか？	以前よりも効果が高い	5
	以前よりもまあまあ効果が高い	5
	以前と余り変わらない	13
	以前よりあまり効果が無い	6
	以前より効果が無い	0
	不明	4
消化液の利用は以前と比べ、労働力的にどのような変化がありましたか？	以前の方が楽	0
	今の方が楽	22
	以前と変わらない	4
	不明	6
バイオガスプラントの堆肥・消化液を利用するようになって、経済的な変化はありましたか？	肥料代を抑えることができた	15
	以前と特に変わらない	7
	肥料代が以前よりもかかるようになった。	1
	不明	10

注) 表Ⅲ-27 と同じ

中分田・下分田・小柳などへの運搬・散布に対しては、プラント側の作業は燃料費的な損失を出すことになる。

③消化液利用による経営変化

消化液利用農家に対し行ったアンケートの答えでは、消化液の肥料効果は「以前と余り代わらない」と答えたところが多く、「以前よりも効果が高い」「以前よりもまあまあ効果が高い」という、優良性を認めたところは7戸であった(表Ⅲ-29)。

また、消化液の散布依頼により作業が軽減されたところは32件中22戸であり、多くの農家が農作業の省力化に繋がっている。

また肥料費をみると削減に繋がったところは15件みられた。また具体的に作物別で見ると表Ⅲ-30のように、水稲では2,000円以上が10戸中6戸、麦類は、削減額にバラつきが出ていた。

消化液利用により水稲で10aあたり3,000円以上の肥料費節減効果を出していた農家は4戸おり、そのうちの2戸は麦類での利用においても同様に3,000円以上の節減効果を出している。そして野菜にて3,000円以上の効果を出した農家は飼料効果においても1,000円～2,000円の削減効果を出している。

これらの農家を表Ⅲ-31に示した。表示した順番に農家A・B・Cとすると、農家Aは専業農家で労働力は3人、水稲を10ha、麦を19ha、大豆0.7ha作付けしている。2009年度の粗収益は2,000万円～3,000万円となっている。農家Bは第1種兼業農家で2人経営、水稲390a、麦250a、黒大豆25aを作付けしており、2009年度の粗収益は1,000以内であった。農家Cは第2種兼業農家の3人経営、水稲20aに麦類80a、そして飼料作物を150a栽培して

表Ⅲ-30 施肥量および肥料費の変化 (戸)

	金額変化量		水稻	麦	野菜類	飼料作物
肥料費全般の変化 (10aあたり)	+	0～1,000円	1			
	—	0～1,000円	1	2		
	—	1,000～2,000円	1	1		1
	—	2,000～3,000円	2	2		
	—	3,000円～	4	2	1	

注) 表Ⅲ-29 回答者のうち、詳細記入者の回答を基に作成

表Ⅲ-31 消化液利用農家A・B・Cの経営概要 (a)

	農家A		農家B		農家C	
経営形態	専業農家		第1種兼業農家		第2種兼業農家	
構成員と年齢	経営主	61	経営主	53	経営主	66
	妻	50	父	81	妻	66
	息子	19	妻	53	—	—
作付面積						
水稻	1,000		20		230	
麦類	(特別栽培) 1,900		80		—	
他野菜類	700		—		25	
飼料作物	—		150		—	
農業所得	2,000～3,000万円		1,000万円未満		1,000万円未満	

注) 表Ⅲ-27 と同じ

表Ⅲ-32 B農家の施肥変化 (t/10 a, kg, ha)

米								
	利用以前 (10ha)				2009年度 (10ha)			
	基肥	面積	追肥	面積	基肥	面積	追肥	面積
消化液	—	—	—	—	3.5	3.5		
市販肥料	60	10			20	10		

麦								
	利用以前 (19ha)				2009年度 (19ha)			
	基肥	面積	追肥	面積	基肥	面積	追肥	面積
消化液	—	—	—	—	3.5	9.5		
市販肥料	40	19	20	19	13	9.5		

市販肥料：新高有機一発 (¥3,150/袋=20 kg 2009年4月)

注) 農家およびJAへの聞き取りより作成

おり、粗収益は1,000万円以下である。

③消化液利用農家の経営変化分析

次に畜産農家以外の、消化液を利用している農家について、その経営変化を見てみる。対象としているB農家は山鹿プラントが稼働した始めの頃から消化液を利用しており、米は特別栽培米を、また他に麦や大豆も特別栽培商品として生産している。B農家は61歳の経営主と50歳の妻、19歳の息子3人の家族経営による専業農家である。経営耕地面積は19ha、その土地で春に水田を10ha、大豆を7ha作付けし、その後裏作として麦を19ha作付けするため、のべ作付面積は36haである。2009年度の売上は

2,000万円から3,000万円となっている。

山鹿プラントからは消化液を利用している。利用を決めたきっかけは近年の肥料価格高騰の対策としてという理由が大きい。消化液利用当初は発酵が不十分であったことからまだ臭いが抑え切れておらず散布農地の近隣から苦情を受けた。最近でもまだ若干の苦情はあるが問題なく散布は行えているとのことである。消化液は全量を運搬・散布依頼しておりそれにより省力化が図られた。このことは肥料価格高騰対策に次ぐ消化液利用のきっかけでもあった。

消化液は現在米と麦に散布利用している^{※1)}。消化液の利用以前と現在の施肥状況を表Ⅲ-32に示し

表III-33 A農家における肥料費の増減金額試算

作物	肥料名	増減量	増減額 (円)
米	消化液	+ 123t	110,700
	市販肥料	- 4,000kg	-630,000
麦	消化液	+ 333t	166,250
	市販肥料	- 6,365kg	-757,435
肥料費増減			-1,110,485

注) 表III-32 と同じ

た。変化状況としては米・麦共に消化液を適宜散布し、市販肥料は1/3に抑える方法を取ったとのこと。2009年度での実際施肥量を見ると米では3.5 haに、麦では9.5 haに消化液を散布し、それにより米では合計で4,000 kg、麦では基肥が2,565 kg、追肥で3,800 kg 市販肥料の施肥量を削減した。これらを金額に換算するとおよそ111万円の減少となる(表III-33)。

5) 目的達成度と消化液活用の効果

以上のことをまとめると、山鹿市のバイオガスシステムはふん尿過剰問題を資源循環により解決し、また持続的に発展可能な生産システムやライフスタイルの形成を目的としている。

プラントの利用により野積みなど、地域のふん尿過剰や環境問題に対して効果を出しているが、稼働状況はおよそ60%程度となっている。また原料受け入れなどの収入減少と減価償却費やメンテナンス費用が高額になっていることなどから、施設運営における収支はマイナスとなっている。

しかし、現在消化液は生産量と同じ量が地域に還元されており、利用状況としては地域の主な生産物である水田に対して使用される他、麦や葉物野菜にも用いられている。利用における肥料効果は畜産農家では野積みしていた堆肥と比べ効果があると評価していた。しかし畜産農家以外の消化液利用農家からの評価としては、米に対して効果に不安な点が見られた。だが市販肥料の削減効果と肥料の散布委託がそれを補えるだけの効果があり、利用は継続されていた。

畜産農家では消化液を利用者自らが運搬・散布することにより、農家によっては肥料代の削減につながるところも見られた。その他、畜産農家、消化液利用農家どちらにおいても、運搬・散布を依頼する農家には高齢の方も見られ、そのような農家にとってバイオマスセンターは経営支援の役割を果たしていたことから、消化液分配活用は地域のライフスタイルという面で農家の経営支援という目的を果たしていると評価できた。

これらのことから共同利用型における地域分配活用では、バイオガスプラントへの投入者に制限はあるものの、消化液の利用については単位面積あたりの散布料が少ない分、制限をつけず可能な限り広範囲での活用が求められる。しかしこの場合、先ほどの農家(A)でも述べたように、消化液の散布料金は輸送距離に関係なく1t当たり500円という設定であり、散布先との距離により収支はマイナスになるという課題が残る。

今後は消化液の施用対象を米や麦以外にも広げ地域分配活用を促進していくことが求められる。それがなければ今後原料受入料を予定量へと近づける運営を目指そうとしても、アウトプット部分が停滞し、地域への分配が間に合わなくなるためである。

注

注1) 年によって農地への施肥内容を変更しており、同じ施肥量を行っているわけではない。

4. 地域販売活用の事例分析

(1) より持続的な地域資源循環を目指す地域販売活用

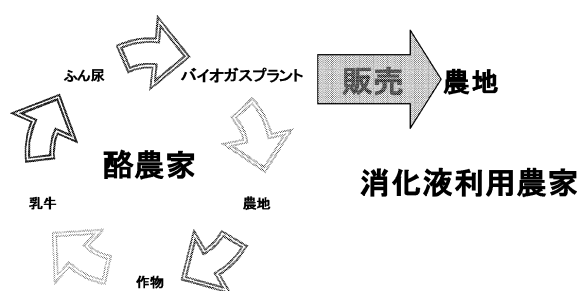
日本の畜産バイオガスシステム導入により、これまで見てきたように多くの事例で資源循環や環境保全といった目的が達成されていた。しかし、その達成のためにプラントの経営が高額の損失を出していることもみてきた。今後継続してバイオガスシステムを運用するためには、それを維持するための収入がやはり不可欠といえよう。

現在日本がバイオガスシステム運営にあたり実施している支援策は、建設費への補助が中心であり、諸外国にみられる電力等の高価買取りは行われていない。そのため、現状で損失を出すのであれば、稼働を高め収益を高めるか、新たな収益の導入を検討する必要がある。

本節の地域販売活用は、稼働の向上および新たな収益導入を目指す事例ともいえる。ここでは、プラント稼働、投入者・利用者の分析を行うとともに、そのような活用方法へと展開できた要因について考察を行っていく。

(2) 地域農業の概況とバイオガスシステム利用目的

バイオガスプラントの計画が持ち上がった当時、鹿追町の基幹産業である農業は、土地基盤整備をはじめ機械の大型化など農業の近代化施策を取り入れており、十勝支庁管内でも有数の農業地帯となって



図III-4 地域販売活用の流れ

いた。そのなかで、農畜産物の輸入自由化、家畜ふん尿の処理問題など経営の合理化や環境対策の整備が急務となっていた。

一方、観光においては然別湖を中心とした従来型の観光振興に加え、近年のアウトドアスポーツやファームイン、グリーンツーリズムなど農村資源を重視した体験型観光の普及により新たな振興策が求められていた。

鹿追町の主な作物には小麦、大豆、馬鈴薯、甜菜、そば、キャベツなどがある。この中、大豆やいんげん、小豆といった豆類の面積は1970年から減少したが、小麦や馬鈴薯、特に飼料作物に関しては作付面積の拡大がみられる（表III-34）。一戸当たりの作付面積をみると、2007年には42haまで増加していることに對し、農家戸数は273戸まで減少している。

また酪農業は1952、1953年の冷害と町の高度酪農地域指定を契機に、多頭化飼育を促進させた。しか

し、鹿追町のこのような飼養頭数の大規模化が家畜ふん尿処理の負担を増加させ、町周辺の環境にも影響を及ぼすことになった。

鹿追町の農業は畑作及び酪農を中心に寒冷地型農業として発展を続けてきたが、近年では農家戸数は減少を続けており、2007年度には全農家数が296戸という状況にある。畜産農家戸数もまた減少が継続しており、酪農家戸数は1989年には210戸だったが2007年には116戸まで減少した。これに對し、乳牛の飼養頭数は増加しており、1989年は12,811頭であったが1995年までに大きく増加し、17,345頭となり、2007年には18,230頭にまで増加した（表III-35）。

またバイオガスプラントの建設が検討され始めた1995年頃は、畜産農家に占める乳牛飼養農家の割合が80%を超えるようになった。そのなかでは、フリーストールの形態の牛舎が30%近くになり、家畜ふん尿のスラリー化による取扱いの難しさが表面化し始めた。日本各地で見られたようなふん尿過剰問題が浮き上がってきたのである。

その当時、家畜ふん尿処理施設の整備では、特に市街地周辺区域では臭気対策が重視されたことから本事業対象となり、集中処理形態での推進が行われた。一方その他の地域では、畜産農家が点在していることから、個別処理形態をとることが効率的であると考えられたため、本事業の対象から外されている。

表III-34 鹿追町の農家戸数と1戸当たり作付面積および作物別作付面積の推移 (ha)

	農家戸数	1戸当たり作付面積	小麦	大豆	いんげん豆	小豆	馬鈴薯	てんさい	飼料作物
1975年	479	12	606	338	834	338	944	1,132	5,274
1985年	440	2	1,115	102	717	671	933	1,490	5,654
1995年	361	24	1,410	39	585	350	1,060	1,360	7,150
2005年	281	29	1,600	35	295	420	951	1,360	6,830
2007年	273	42	1,640	49	254	382	1,050	1,320	6,820

注) 農林業センサスより作成

表III-35 鹿追町の家畜頭数推移

区分	畜産農家戸数	畜産戸数 (戸)					飼養頭数 (頭, 羽)				
		乳牛	肉用牛	豚	鶏	馬	乳牛	肉用牛	豚	鶏	馬
1989年	423	210	8	11	9	5	12,811	6,204	3,592	20,125	36
1995年	361	171	6	5	2	4	17,345	8,182	3,150	—	21
1999年	323	141	1	2	3	4	14,184	7,750	1,847	9,212	10
2005年	277	123	8	3	2	2	15,472	—	4,881	—	—
2007年	273	116	4	3	1	5	18,230	10,065	9,555	6,510	19

注) 表III-34と同じ

鹿追町では、町の関係職員や受益農家、その他関係機関職員を委員とするプロジェクトメンバーが編成された。その当時、プロジェクト名は「鹿追型バイオガス施設事業化による公共施設におけるバイオガス有効活用調査事業」であった。町では受益農家との意見交換会、情報交換などを2000年頃から検討を行い、合意形成を図ってきた。当時では、ふん尿の受入料金や処理場と農場間の原料・消化液運搬の負担をどうするかなど、様々な意見が出されていた。

同プロジェクトでは、上述のような現状と課題を踏まえ、1999年11月から施行の「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」に沿った家畜ふん尿処理の方向性を打ち出し、環境を重視した計画策定による施設整備の推進を目的に、「鹿追町家畜ふん尿処理全体構想」が展開されることとなった。構想の中にあるバイオガスプラント建設計画では施設の維持管理の体制について、共同管理組合方式が検討された。これは即ち、構成員はバイオガスプラント参加農家（受益農家）が中心となり、施設全体を共同で管理する方法である。そして、施設の利用者が直接管理することになり、投入前の原料の管理から、ほ場への還元まで自らの責任により行われることになる。このことより、プラントの運営上でのメリットは大きいと見られた。しかし、バイオガスプラント組合員である農家主体の共同運営管理とした場合、日常の営農作業にさらにプラント内での作業などが加わり、労力負担が増大することになる。

一方、バイオガスプラントでは、地域住民から排出される生ゴミや下水汚泥も処理し、地域環境の改善など、鹿追町で果たす役割は大きい。そのため、バイオガスプラントの維持管理は、地域全体で取り組む必要があるとし、町の組合の構成に加わることで検討され、JA鹿追町と農業改良普及センターの

情報提供などの支援により、利用組合によって管理する方向で検討が進められた。最終的に管理体制としては、町も組合の構成に加わり、鹿追町の市街地周辺部で営農を行っている農家を含む25戸を組合員とした。

組合員をメンバーとした「バイオガスプラント施設管理組合」を設立し、従業員3人を雇い、施設管理を委託する形態として出発した。従業員の採用は、それまで「鹿追町家畜ふん尿処理全体構想」に深くかかわった役場職員が役場を退職し、リーダー（プラント運営の中心的な役割）に就いていることを追記する。

(3) 鹿追プラントとシステムの概要

1) 鹿追プラント概要

この鹿追環境保全センターは共同バイオガスプラントが建設費8億4,275万円、堆肥化施設が4億4,618万7,000円をかけて2006年3月から2007年8月までかけて完成させたものがある。

原料の運搬は毎日原料運搬専用の車両で、酪農家から回収している。運搬内容として、酪農家毎に天蓋付きのコンテナを設置し、次の日回収に来るという方法で行っている。そのほかに町内の汚泥、生ゴミなども原料として投入している。

バイオガスプラントの具体的な施設は表Ⅲ-36にもあるように、原料槽から発酵槽までのポンプ並びに管路は、原料の閉塞によるトラブルが多いことからパイプシステムを2系統としている。また、同様に、冬期間に凍結した原料が搬入されることから、原料槽も2槽に設定している。この原料槽にはオーガーを設置し凍結した原料を破碎し、温水管（70℃）による加温で融解し流動化させている。また原料槽の中にはプロペラ式攪拌機が6台設置されており、各攪拌機の高さの調整ができ、原料の量に応じて攪拌

表Ⅲ-36 環境保全センター バイオガスプラント施設概要 (m³, kW, m³/h)

施設名	規模	備 考
原料槽	500	250m ³ ×2槽、プロペラ式攪拌機×6台、油圧ピストン式圧槽ポンプ×2台
発酵槽	3,200	400m ³ ×4槽(箱型)、800m ³ ×2槽(円柱型)、パドル式攪拌機×6台、プロペラ式×4台、スクリー式移送ポンプ2台
殺菌槽	200	100m ³ ×2槽、プロペラ式攪拌機×2台、スクリー式移送ポンプ×1台
貯留槽	23,939	6,231m ³ ×2槽及び11,477m ³ ×1槽、プロペラ式攪拌機×7台、汲上ポンプ×4台、(9月中旬～4月中旬までの冬期間の220日分の消化液貯留可能)
ガスホルダー	500	250m ³ ×2基
ガス発電機	200	1基(コージェネタイプ)
ガス発電機	100	1基(コージェネタイプ)
その他		ガスフレア、蒸気ボイラー、温水ボイラー、監視室など

注) 鹿追町環境保全センター提供資料より作成

が行えるようになっている。このような設計上での特長によりふん尿運搬に支障をきたすことなく、酪農家に対してもふん尿回収が行えないといった迷惑をかけることがないよう配慮がなされている。ふん尿運搬で使用されている脱着ボディトラックとふん尿収集天蓋コンテナは運搬作業を一人で行うことができ、また運搬中に余り悪臭を出さない構造となっている。

またメタン発酵処理ではメタン発酵を終えた消化液や車両洗浄水発酵槽へ戻し、水分調整を行っている。箱型発酵槽では、加水分解、酸発酵、メタン発酵の順に発酵させる特徴を持ち、発酵効率が高い。円柱型発酵槽は簡便な構造でガスホルダーを施設上部に併せ持っている。

プラントが稼動し始めてから、問題が一番多く発生した部分が200kWの発電機である。発電機はドイツ製で、メーカー側の技術者は海外で利用されている製品に対して対応が遅い。今まで頻繁に故障があり、その中でドイツの技術者が鹿追町まで招集されるまでに至った故障が2回あった。故障を修繕するには長い日数を必要とし、特に時間を要したのは2008年9月の初旬で発生した故障であり、故障が発生してから修理完了まで約2ヶ月間もかかった。

メーカー側の技術員が担当している作業のもう一つは、原料槽の砂抜き作業である。メーカー側が計画し、設定した砂抜き機が正常に働かない事態が生じていた。その際に本プラントのリーダーがこの機械で砂の抜き出しが出来ない点を指摘したこと、約1,000万円の設備に作業のサービスも付帯すべきだとした主張がメーカーに了解を得、この作業をメーカー側で担当する事になった。幸い、本プラントの設計が二系統であるという特徴があるため、投入口の一つだけを使いながら、もう一つの清掃が出来、プラントの運転に支障は出ていない。2007年度は全作業を本プラント従業員が手作業で行っており、2008年度からは業者への委託に変更している。

また石などの非発酵物が投入口の攪拌機に負担を掛けており、攪拌機も今まで2回程度交換した。交

換のために、使われていなかった貯留槽の攪拌機を使用し費用を抑えるなど、プラントの作業現場では工夫が行われている。このような問題以外にも、ガス量が多すぎた事によりガスホルダーが破損する問題が一度発生した。その際は、メーカー対応にて解決を行っているが、従業員が早期に事態を発見することが非常に重要になっている。

2) バイオガスシステムの運営状況

①原料投入状況

受け入れ内容では原料であるふん尿および汚泥の回収は、すべて環境保全センターの職員が行っている。ふん尿は農家ごとに回収用コンテナを用意しているため、農家側は全量をセンターに委託した場合、ふん尿処理施設を所有する必要がなくなる。また、原料は嫌気性の中温メタン発酵処理を行うと同時に殺菌過程を経るため、病気などにより受け入れを拒否されることはない。このような受け入れ体制は農家の受入が滞らないよう配慮がなされたものであるといえる。

このようなサービスの中、原料の処理価格は町と利用農家との間で約7年をかけ協議した末に設定し、成牛1頭につき年間1万2,000円、およそ1t当たり513円^{※1)}とサービス内容に比べ安価に設定してある^{※2)}。しかし1頭当たりでは排泄量に違いがあり、場合によっては委託するふん尿に見合わない金額になる場合があるということから、2008年度より価格を1t当たりに変更している(表Ⅲ-37)。

バイオガスプラントへの実際の原料投入状況は表Ⅲ-38のように、2008年度における原料の総投入量は計画量の67.1%であった。その内訳としては家畜ふん尿が約1万8,400tと大部分を占めているが、計画量と比べるとふん尿の量は約86%と少なく、逆に汚泥の量は逆に100%よりも67ポイント近く高い^{※3)}。また2009年度ではふん尿の投入量が増加しており、計画値の69%と、前年度に比べ約10ポイント増えている。また汚泥も投入量が500tほど増え、計画の約180%となった。また2009年度から新しく生乳工場からの残さ物を投入するようになり、総投

表Ⅲ-37 環境保全センター収入項目と単価

収入項目		単価	単位	備 考
組合参加負担金		12,000	円/m ³	1tあたり513円に変更
生ごみ処理負担金		7,000	円/t	町から出る生ごみ処理
汚泥処理負担金		12,000	円/t	集落の生活廃水処理
液肥利用 料金	酪農家	0	円/t	2010年より100円
	耕種農家	0	円/t	2010年より100円
液肥散布負担金		500	円/t	運搬および散布料金

注) 鹿追町役場提供資料より作成

表Ⅲ-38 原料投入状況 (単位：t, %)

	2008 年度総投入量			2009 年度総投入量			
		ふん尿	汚泥		ふん尿	汚泥	残さ物
実際投入量	23,212	18,395	5,481	27,793	21,614	5,972	207
1 日平均	63.6	50.4	15.0	76.1	59.2	16.4	0.6
施設計画量	34,602	31,317	3,285	34,602	31,317	3,285	—
1 日平均	94.8	85.8	9.0	94.8	85.8	9.0	—
実際/計画量	67.1	58.7	166.8	80.3	69.0	181.8	—

注) 鹿追町環境保全センター提供資料より作成

表Ⅲ-39 ふん尿処理利用農家状況 (単位：戸, 人)

ふん尿処理利用率	20%	30%	50%	70%	100%
	1	1	1	1	5
飼養頭数規模別	B	B	D	C	A, C×2, D, E
構成人数	2	2	5	4	1, 3, 3, 4, 5
ふん尿処理以外の作業に力を入れられる	8		飼養頭数を増やした		2

* A：0～50 頭，B：51～100 頭，C：101～150 頭，D：151～200 頭，E：201 頭以上(成牛を 1 頭，その他を 0.5 頭とした数)

注) 2008 年実施アンケート調査より作成

入量 2 万 7,793 t と、前年度を 4,000 t 以上上回った。これにより当初の計画量の約 80% にまで投入量を高めることができています。

ふん尿処理はバイオガスプラントが担う重要な役割であり、またメタンガス発生量や発電量などに深く関わっている。そのため投入する原料の質と量を、いかに確保するかが重要となる。ここでは鹿追バイオガスプラントの原料投入量のなかで特にメインとなるふん尿の投入量が予定量よりも少なかった原因とその影響について考察する。

ふん尿投入量の割合が 60% 未満に止まっている理由として、一つは利用契約を行った農家のうち 1 戸が離農し、1 戸は牧場内で病気が発生したことから委託を控えていることがある。先述の通り、バイオガス施設では牧場内に病気が発生してもふん尿の受け入れを可能としている。しかしこの酪農家は自分の意志から利用を控えている状況にあり、今後利用を開始することにより投入量の増加が見込める。

二つ目は次に記すような利用農家が所有するふん尿処理施設において、処理しきれない過剰な量のみを委託している状況がある。バイオガスプラントは利用農家から出る排泄物全量を処理できるよう設計されているため、利用農家が自分で処理を行う分、利用量が計画量よりも少ない状況となっている。

②ふん尿処理委託農家の利用状況と影響

バイオガスプラント利用農家 25 戸のうち、ふん尿処理を利用している酪農家全 14 戸中 9 戸に対し行ったアンケートによると、全戸が何らかのふん尿

処理施設を所有していた(表Ⅲ-39)。ただし、全ての農家が所有施設でも処理を行い、余剰分をプラントに委託しているわけではなく、各農家によってプラントの利用状況に違いが見られた。つまり利用酪農家の中でふん尿は自家所有施設では処理しきれない状態であること、そしてその余剰分をカバーするためにバイオガスプラントを利用している所のほか、処理を全て委託し経営の改善を目指す所の 2 方向に分かれていると考えられる。

表Ⅲ-39 のアンケートの結果のようにプラントにふん尿処理の委託を行っている酪農家のうち 9 戸では、飼養頭数のふん尿をすべて委託している所が 5 戸、そのうち 4 戸は飼養頭数が 100 頭以上であり、残りの 1 戸は 50 代の女性が 1 人で経営している。その他 4 戸の利用者は農場から出るふん尿の 70%、50%、30%、20% をそれぞれ利用している。このふん尿処理利用が開始して以降、多くの農家で「ふん尿処理以外の作業に力を入れられる」という答えを得ていることから作業の集中化や経営支援が行われており、農家によっては規模拡大にも繋がっている。

このことから、現状の受入量は計画値に比べ低いですが、農家側の経営改善や規模拡大次第で今後受け入れ量は増加する可能性を有していると推測できる。

③バイオガスの活用評価

ガスの総消費量は表Ⅲ-40 に示すように 2007 年度と 2008 年度では 2 倍以上の差が現れている。またそれに合わせて発電利用量も 458,570 m³ から 996,831 m³ と 2 倍以上に伸びており、より効率的に

表Ⅲ-40 バイオガス利用の推移 (単位: m³, %)

	2007		2008		増減率
総消費量	521,937	100	1,063,235	100	+107.3
発電	458,570	87.9	996,831	93.8	+117.4
焼却処分	49,327	9.5	65,859	6.2	+ 33.5
その他	14,040	2.7	545	0.1	- 96.1

注) 2007年度は8・12・1月に、2008年度は6月の測定値に誤作動があったため除外している。

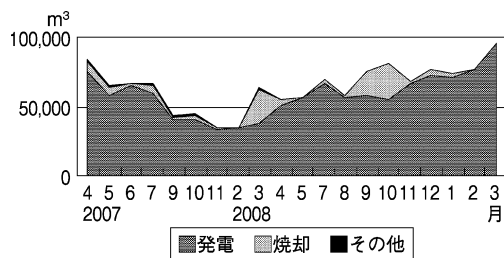
注) 鹿追町環境保全センター提供資料より作成

表Ⅲ-41 2008年度バイオガス発電利用内訳 (kWh, 円)

	電 力	金 額	備 考
総発電量	1,364,226		
施設内自給 [※]	739,527	12,490,569	基本料金+受電電力
売電	624,739	4,945,128	売電単価: 日中9.5円
うち日中	365,804	3,544,440	(12.1.2月: 10.2円)
うち夜間	258,935	1,165,207	夜間4.5円
購入電力量	23,666	354,990	受電電力のみの金額

注) 自給単価: 15円/kWhで試算している

注) 鹿追町環境保全センター提供資料より作成



図Ⅲ-5 月別バイオガス消費量

発電が行えている。この消費量を月別に見ると図Ⅲ-5のようになっており、全体的に2008年度は前年度に比べ多くガスが消費されている。つまり、ガスの利用がより安定したと考えられる。

実際発電量は表Ⅲ-41のように約136万kWh, そのうち自給が54.2%と若干多めになっている。この電力自給量を金額換算すると、約1,250万円の光熱費を削減出来ていることになり^{※4)}、電力の自給が経営に与える効果が認められる。

次に電力の販売では日中の売電が58.6%を占めている。売電単価は日中9.5(12・1・2月のみ10.2)円、夜間4.5円、その他グリーンエネルギーの加入などによる補助を受けていない状況であり、単価の高い日中に多く売電を行うことは効率的である。しかし、日中は施設が稼動し、需用電力も必要とするため、日中の売電は強化し難い。

このことから、現状におけるバイオガスの利用は販売に比べ自給による光熱費抑制の方がより経済効果が高いといえる。また単価が低い夜間では、採算

を目指すことは難しく、政策的支援が必要である。2009年11月より開始した太陽光発電の余剰電力買取制度^[8]では、商業施設の売電に対し20円の売電単価設定をしている。仮にバイオガスプラントにもこの金額を当てはめると、売電売り上げは約2,728万円^{※5)}となり、採算が取れる可能性が高まると試算できる。

④消化液利用状況

消化液は主に肥料として農地散布されている。消化液は特徴として嫌気性発酵を行うため、雑菌や雑草の種子が死滅しており、成分的には窒素成分の一部が硝酸態からアンモニア態へと変化している。そのため衛生・環境的に優良で、速効性のある有機液体肥料となっている。2008年度8月に成分分析を行った結果は表Ⅲ-43のようになっている。

散布量は、畑作では10a当たり7tを、牧草地では5tを限度としている。消化液の需要を確立するためセンターでは消化液中の成分調整に注意を払うなどしており、また利用者に肥料効果を実感してもらう目的で2009年度までは運搬料のみでの提供を行った^{※6)}。(表Ⅲ-44)

そのような中、実際の利用量を2007年度、2008年

表Ⅲ-42 消化液成分表 (kg/t)

成分検査日	2008年8月				
成分含有量	N	P	K	CaO	MgO
	2.2	1.5	4.9	1.4	0.7

注) 鹿追町環境保全センター提供資料より作成

表Ⅲ-43 2008 年度消化液散布時期

作物名	4 月			5 月			6 月			7 月			8 月			9 月			10 月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
牧草		○					○	○	○				○	○	○				○	○	○
飼料用トウモロコシ	○	○	○																		
小麦														○	○						
てん菜	○	○																			
大豆			○	○	○																
小豆				○	○																

注) 聞き取り調査より作成

表Ⅲ-44 消化液利用の推移 (t, ha)

	2007	2008	2009
総散布量	10,256	18,440	22,676
うち飼料作物	9,317	10,183	9,555
うち耕種作物	939	8,257	13,121
散布総面積	277.5	560.7	672.5
うち飼料作物	248.2	350.5	347.2
うち耕種作物	29.3	210.2	325.3

注) 表Ⅲ-38 と同じ

度、2009 年度でみていくと表Ⅲ-45 のようになっている。2007 年度は利用農家も消化液の効果に不安を持っていたため、主に飼料作物を中心に利用を行い、耕種作物についてはセンターが利用を依頼した数戸の農家による利用が大部分となっていた。2008 年度では、前年の効果が認められたことにより、耕種作

物への利用量が大幅に増加した。これにより、消化液の総散布量は 1 万 8,440 t となり、投入量とほぼ同量を利用できていた。2009 年度では耕種作物への利用量がさらに増加し、散布面積では飼料作物とほぼ同等の面積に散布していることがわかる。そして変わりに飼料作物への散布料が前年に比べ若干減少している。このことから、鹿追町において消化液の利用は飼料作物よりもより面積あたりの散布料が多い耕種作物の利用へと傾いていく可能性があり、鹿追町におけるふん尿過剰問題および資源循環型社会を成立しうると考えられる。

また散布対象も飼料作物である牧草や飼料用トウモロコシをはじめ、小麦、甜菜、大豆、小豆と数種類あり、鹿追町で主に栽培されている作物の大半に利用できる。

アンケートによる利用農家の反応では表Ⅲ-46 の

表Ⅲ-45 アンケート回答者の経営概況

(ha, %)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	合計
所有農地	53	40	36	36	35	33	32	29	28.5	43	42.23	407.73
2009 年度作付面積												
小麦	12	11	12	9	8.2	8	10.2	12.87	7.5	13	11.55	115.32
ビート	15	12	11	8	8.5	8	8.5	8.87	8.3	11.3	12.06	111.53
ばれいしょ	12	9	8	8	8	8	9.2		5.5	8	10.1	85.8
大豆		3					1.5					4.5
小豆・手亡・茶豆		6	5	8	6.5			5.31	7	5	3.42	46.23
飼料作物				3								3
作付面積合計	39	41	36	36	31.2	24	29.4	27.05	28.3	37.3	37.13	366.38
農業粗収益注)	C	B	C	B	B	C	C	C	C	C	A	
消化液散布農地												
小麦	—	5	12	9	8	8	—	0	5	8	11.55	66.55
ビート	—	6	2	8	8	—	—	0	0	11.3	12.06	47.36
大豆		4										4
小豆	—	0	6	8	0	—	—	4.1	0	5	3.42	26.52
飼料作物				3								3
散布総面積	—	15	20	28	16	—	—	4.1	5	24.3	27.03	139.43
(作付総面積/面積/対象作物面積) * 100	—	36.6	55.6	77.8	51.3	—	—	15.2	17.7	65.1	72.798	41.5
(消化液散布面積/対象作物面積) * 100	—	55.6	71.4	100	95.8	—	—	77.2	66.7	82.9	100.0	81.2

注) A : 5,000 万円～1 億円, B : 3,000 万円～5,000 万円, C : 3,000 万円未満

* (—) 表示は適切な回答が得られなかったため不明とする

注) 2010 年度実施アンケート結果より作成

表Ⅲ-46 消化液利用による経営変化

質問内容	選択肢	回答数
消化液の利用は以前と比べ、労働力的にどのような変化がありましたか？	今の方が楽	7
	以前と変わらない	1
	以前の方が楽	1
	不明	1
現在消化液をりようして、その肥料効果は消化液利用以前と比べ、どのように評価していますか？	以前よりも効果が高い	1
	以前よりもまあまあ効果が高い	4
	以前とあまり変わらない	4
	以前よりあまり効果が無い	1
	以前より効果が無い	0

注) 表Ⅲ-45 と同じ

表Ⅲ-47 施肥量および肥料費の変化

(戸)

	金額変化量		小麦	ビート	大豆	小豆	野菜類
	不明		1				
肥料費全般の変化 (10aあたり)	+	0～1,000円					
	－	0～1,000円	1	1		1	
	－	1,000～2,000円	2	1		3	1
	－	2,000～3,000円	0	2	1		
	－	3,000円～	4	1			

注) 表Ⅲ-46 と同じ

ように、全ての利用農家が肥料効果を認めており、また表Ⅲ-47のように利用により肥料代の削減にも繋がっていた。そして今後も消化液の利用を希望していることから、消化液の農地散布は継続していくと考えられる。

以上のことから消化液の活用は、バイオガスシステムの経営を支える収入源として重要な要素といえる。

注

注1) 成牛1頭の年間ふん尿量=23.4t 換算^[29]。

注2) 国内にある共同利用型バイオガスシステムのふん尿1tあたり処理料は、八木町で892.5円(回収作業なし)、山鹿市では400円(回収作業+200円)。

注3) 鹿追町周辺にある乳業メーカーなどから、新たな処理を受け入れたことにより増加した。

注4) 電力料金は基本料金(1,380円/kW)と実際の購入電力単価(15.21円/kWh^[29])の合計金額となる。プラントの自給電力は24時間平均で84.4kWであり、2008年度の電力単価を1kWhあたり15円で試算すると、基本料金：

$$84.4 \text{ kW} \times 1,380 \text{ 円} = 116,472 \text{ 円/月} \\ = 1,397,664 \text{ 円/年}$$

電力単価：

$$739,527 \text{ kWh} \times 15 \text{ 円} = 11,092,905 \text{ 円}$$

となる。

注5) 売電単価20円の場合、受電単価より高くなることから、全額を売電すると考え、

総発電量：

$$1,364,226 \text{ kWh} \times 20 \text{ 円} = 272,845,210 \text{ 円}$$

となる。

注6) 2010年度からは消化液自体に1t当たり100円の価格を付けている。

注7) 鹿追町の作付作物を作付面積順で表示すると、牧草、麦類、イモ類、豆類、野菜となる。

(4) プラントの収支分析からみる経済的評価

1) 環境保全センターの収支試算

表Ⅲ-48は2008年度と2009年度における鹿追環境保全センターの収支報告に減価償却費を試算し、作成した損益計算書である。ここでは表を基に2008年度と2009年度との比較・検討を行う。

支出部分では、まずふん尿の回収や消化液運搬・散布に関わる旅費交通費がある。前述のように消化液の利用量が増加していたことなどを要因として2009年度は前年度に比べ金額が増加していると考えられる。次いで水道光熱費では前年度に比べ60万円ほどの減少が起きている。このことと前述の発

表III-48 2008 年度における年間収支試算 (1,000 円)

費 用			収 益		
項 目	2008	2009	項 目	2008	2009
旅費交通費	1,942	2,389	ふん尿処理料	8,753	12,040
水道光熱費	2,586	1,979	集落排水汚泥処理料	4,566	4,047
消耗品費	5,686	7,985	動物性残さ・生ごみ	0	4,414
修繕費	2,590	7,632	売電売上	4,945	6,489
委託料	1,500	1,500	液肥運搬・散布料	9,077	11,338
人件費	9,514	12,556	堆肥売上	0	2,000
その他	1,130	923	その他	1,047	31
減価償却費 A	29,001	29,001	当期純損失 A	25,561	23,606
減価償却費 B	116,004	116,004	当期純損失 B	112,564	110,546
合計 A	53,949	63,965	合計 A	53,949	63,965
合計 B	140,952	150,968	合計 B	140,952	150,905

注) 2009 年度および 2010 年度聞き取り調査より作成

電量増加を踏まえると、プラントのガス発電が施設内の需用電力を効率的にカバーできていたと考えられる。消耗品や修繕費ではそれぞれ前年度に比べ大きく金額が増加しており、機械類の磨耗などによる取替えが起こっていると思われる。ただし、外部にメンテナンスや点検業務を依頼する委託料が前年度と同額であることを見ると、起こっている修繕作業はすべて職員の技術で行えるものであることも窺える。そして人件費は 2008 年度では従業員 3 人分の給与であったが、施設の稼働が向上したことに伴い新たに 2 人従業員を採用し、5 人分となったことの増加分である。

減価償却費は鹿追町が環境保全センターの償却年数を 10 年と設定していること、国や道から補助金を得ていることから、減価償却費 A では圧縮記帳で、また減価償却費 B は初期投資全額による試算とし、耐用年数 10 年、残存価格を自己出資額の 10%、定額法による計算を行った。

その結果、年間の減価償却費 A は約 2,900 万円、減価償却費 B は約 1 億 1,600 万円と試算した。この金額は他の費用の中でも最も高額な費用となった。

次に収益項目を見ていく。組合員からのふん尿処理料金約と組合員外からの緊急による家畜ふん尿処理料金約を合わせたふん尿処理料は、前年度に比べ 300 万円以上収入が増えている。加えて集落の排水汚泥処理料金約 405 万円と若干下がったが、2009 年度より新しく導入した食品製造工場から出る廃牛乳などの動物性残さ処理料金約 241 万円に町から出た生ごみ処理料金 200 万円を合わせた金額が原料受入である。これらのうちバイオガスプラントに関わるものとしては契約農家からのふん尿、緊急家畜ふん尿の液体・スラリー一部分、食品製造工場の廃牛乳などとなる。売電売り上げでは費用部分の光熱費節減

に加えこちらも金額が前年度よりも高くなっている。また消化液の運搬・散布も 200 万円ほどの増加という結果となった。

それにより各年の合計金額は 2008 年度が約 2,838 万 8,000 円、2009 年度は約 4,035 万 9,000 円と、収益を大きく増加させる運営を行えている。

これらによる収支結果は 2008 年度では減価償却費 A の場合マイナス 2,556 万円、減価償却費 B ではマイナス 1 億 1,256 万円であり、2009 年度は減価償却費 A の場合マイナス 2,354 万円、減価償却費 B では 1 億 1,055 万円と、両年においてマイナスの結果となる。しかしその中においてもプラント管理に関わる技術により高額となりうる修繕費用を抑え、また新たな原料受入の導入による、収益の向上を実践した運営評価は高いといえる。

2) 消化液の地域販売収支

上述したように、消化液は現在農地への散布が行われており、牧草、飼料用トウモロコシ、てん菜、大豆、小豆に利用されている。

そこで、2009 年度の消化液散布状況が有料化した場合の金額を試算する。2009 年度の消化液散布量は飼料作物が 9,555 t、耕種作物が 13,121 t の合計 22,676 t であった。これに対し、鹿追プラントが 2010 年より開始する有料化は、消化液 1 t につき 100 円である。そのため、2009 年度の消化液の場合、消化液販売売上額は 2,267,600 円であると試算できる。この売上額は 2009 年度における鹿追プラントの収入額においておよそ 5 % に相当する。

(5) 目的の達成度と消化液活用の効果

これまでのことから、鹿追町では家畜ふん尿の処理問題と市街地での悪臭対策としての環境対策を整備する必要があった。また農村資源を重視した体験

型観光の普及により、新たな振興策が求められていたことから鹿追環境保全センターを設立し、資源循環と共に地域農業の発展を目指した。

施設の稼働は2008年度までは60%程度となっていたが、2009年度では80%にまで増加しガスの発生量なども安定し、施設の需用電力への供給や売電に効果を発揮していた。また消化液の利用でも、飼料作物と数種類の畑作物に利用されており、その利用量も年々増加していることが明らかとなった。

これらのような稼働状況により2009年度では前年度に比べ1,000万円以上の収益を上げていたが、高額な減価償却費によりマイナスを示す結果となった。2010年度から開始された消化液の有料化ではその売上が新たな収入源として期待できるが、その金額は200万円程の見込みであると試算した。

鹿追プラントは町のふん尿過剰とそれに伴う市街地での悪臭問題の解決に大きく役立つ結果を生み出していた。

鹿追プラントが消化液の地域販売活用へと繋がった要因としてプラントの管理者が、高い管理・技術能力を持っていることが大きい。たとえば、消化液の散布においては、プラント設置場所からの移動距離とその順路や道の傾斜などを考慮したうえで散布地の設定を行った。これにより、運搬・散布料金1tあたり500円でも損失を出さない作業を行えている。また消化液の肥料成分を他のバイオガスプラントよりも高機能なものとして維持できているのも、この管理者の存在によるものであった。

またバイオガスプラント導入にあたり、その利用者となる農家との検討会を長い時間をかけて行ったことも要因の一つといえる。導入以前の打ち合わせを行ったことにより、消化液利用者側に消化液に対する理解を得ていたことが、消化液をより早く有料化へと繋げた要因であろう。

これらのことから消化液の地域販売活用では、消化液の品質向上と管理に注意する必要があるが、消化液の販売が新たな収入源のひとつとなり、バイオガスシステムの経営に果たす役割も高まると評価できる。

5. 小括

(1) バイオガスシステムと消化液の関り

本章ではバイオガスシステムの運営において消化液の各活用方法がシステムにどのような効果を出しているかを考察するものである。

ここでは各事例における消化液活用の効果についてまとめた。まず第2小節では各事例におけるバイ

オガスプラント導入目的と、目的達成状況についてみていく(表Ⅲ-49)。またその導入目的の達成状況と、それに伴う経営収支状況についても述べていく。第3小節ではバイオガスシステムの効果的稼働に向けた消化液活用の取り組みについて、プラント導入目的との関わりを含めまとめていく(表Ⅲ-50)。第4小節では目的達成という効果の他に、消化液の活用が与えた効果についてプラント運営主体、消化液利用農家、バイオガスシステム利用地域の各側面から考察していく。第5小節では各3つの消化液活用形態の特徴と形成要因について考察していく。

(2) バイオガスシステムの目的達成状況と経営収支

①高千穂プラント

高千穂牧場は観光牧場ということもあり、ふん尿の悪臭対策が特に解決すべきものであった。そのため、嫌気性発酵を行うバイオガスプラントの導入は目的である悪臭対策に高い効果を発揮した。しかし、2008年度における経営収支ではプラントの稼働に伴うコストが411万円かかっており、対するガス発電の電力自給などによる費用抑制金額は231万円に止まる結果となり、129万円の損失を出していた。

②八木プラント

八木町では戦後以降、酪農家の規模拡大が進み、地域的なふん尿過剰問題が発生していた。八木バイオエコロジーセンターはそのふん尿過剰の対策と、対策の実施に伴う化石エネルギーの消費を抑制する目的でバイオガスシステムを導入した。八木プラントは導入して10年が経過しており、その間の試行錯誤の結果、地域のふん尿過剰の解決と、ガス発電による施設および汚泥処理場への売電により、設定していた目的を達成できている。しかし2008年度の経営収支では、特に河川放流処理に伴う薬剤費がかさみ1億2,900万円の費用を要した。収入では原料受入料金や売電、京都府からの支援金をうけ1億512万円となったが、差引では2,389万円の損失を出す結果となった。

③鈴木プラント

士幌町ではバイオガスシステム導入により、地域の課題となっていたふん尿過剰問題を解決することと、ふん尿の農地還元による地域内資源循環を目指している。鈴木プラントはそのシステムのひとつとして導入された。現状では、鈴木プラントは導入により、鈴木牧場内のふん尿過剰を解消し、資源循環へと繋げることができているが士幌町としては全体の一部でしかない。2009年度の経営収支では350万

表III-49 各バイオガスシステム事例の目的と達成状況および経営収支

個別型対象事例		高千穂プラント	鈴木プラント	
消化液活用類型		畜産農家返還活用	地域分配	
所在地		宮崎県都城市	北海道士幌町	
利用開始年度		2004	2002	
管理者		高千穂牧場	鈴木牧場	
出資者		高千穂牧場	士幌町	
補助負担		国：1/2, 熊本県：1/6	国：1/2, 北海道：40%	
導入目的		悪臭対策（環境対策）	ふん尿過剰対策（環境対策） 地域内資源循環	
バイオガスシステム導入による効果		悪臭対策（環境対策） 牧場内電力自給 資源循環	ふん尿過剰対策（環境対策） 牧場内電力自給 売電による収入 地域内資源循環 鈴木牧場・消化液利用農家の 経営改善	
経営収支	費用	4,110	350	
	収入	2,310	544	
	損益	1,290	194	
共同利用型対象事例		八木プラント	山鹿プラント	鹿追プラント
消化液活用類型		畜産農家返還活用	地域分配	地域販売
所在地		京都府南丹市	熊本県山鹿市	北海道鹿追町
利用開始年度		1996	2006	2007
管理者		八木農業公社	山鹿市鹿本総合支所	鹿追町バイオガスプラント利用組合
出資者		八木町	鹿本町	鹿追町
補助負担		国：45.50% ^{注)} , 京都府：5%	国：50%, 熊本県：10%	国：50, 北海道：25%
導入目的		ふん尿過剰問題（環境対策） 化石燃料の使用削減	ふん尿過剰対策（環境対策） 資源循環	ふん尿過剰対策（環境対策） 資源循環 地域振興
消化液利用者の制限		なし	なし	あり
バイオガスシステム導入による効果		ふん尿過剰問題（環境対策） ふん尿処理委託農家の経営改善	ふん尿過剰問題（環境対策） 資源循環 ふん尿処理委託農家・消化液 利用農家の経営改善	ふん尿過剰問題（環境対策） 資源循環 ふん尿処理委託農家・消化液 利用農家の経営改善 地域振興
経営収支	費用	129,000	44,100	63,970
	収入	15,120	27,410	40,360
	損益	23,890	15,520	23,610

注) 八木プラントは一部施設を増築しており、初期建設時と補助負担額に違いがある。

円のコストに対し、電力自給、売電、消化液散布などにより 544 万円の収入があると考えられ、結果として 194 万円のプラスであった。

④山鹿市は地域に存在する肉牛、養豚、酪農家など畜産農家のふん尿過剰およびその処理対策として、山鹿バイオエコセンターを設置し、さらにふん尿の資源循環を目指す目的のためバイオガスシステムを導入した。現在ではふん尿過剰および処理問題を解決し、また処理後の消化液は地元の農地に投入量とほぼ同量を散布できており、堆肥は周辺地域で

利用されていることから、資源循環の目的も達成されているといえる。2009 年度の経営収支としては、メンテナンスや作業の外部委託料と減価償却費が高額となっており、4,410 万円の費用がかかっており、収入は 2,741 万円、差引では 1,524 万円の損失となった。

⑤鹿追町ではふん尿過剰問題の解決と、そのふん尿を利用した資源循環、そして町の観光化を推進する目的から、鹿追環境保全センターにてバイオガスシステムを導入した。現在は稼働が行われてまだ 3

表III-50 各事例の消化液活用効果と導入目的のかかわり

個別型対象事例		高千穂プラント	鈴木プラント	
消化液活用類型		畜産農家返還活用	地域分配	
導入目的		悪臭対策（環境対策）	ふん尿過剰対策（環境対策） 地域内資源循環	
バイオガスシステム導入による効果		悪臭対策（環境対策） 牧場内電力自給 資源循環	ふん尿過剰対策（環境対策） 牧場内電力自給 売電による収入 地域内資源循環 鈴木牧場・消化液利用農家の経営改善	
消化液活用による効果	目的に関わる効果	悪臭対策（環境対策）	ふん尿過剰対策（環境対策） 地域内資源循環	
	その他の効果	資源循環 消臭費用削減 集客	肥料費削減	

共同利用型対象事例		八木プラント	山鹿プラント	鹿追プラント
消化液活用類型		畜産農家返還活用	地域分配	地域販売
導入目的		ふん尿過剰問題（環境対策） 化石燃料の使用削減	ふん尿過剰対策（環境対策） 資源循環	ふん尿過剰対策（環境対策） 資源循環 地域振興
消化液利用者の制限		なし	なし	あり
バイオガスシステム導入による効果		ふん尿過剰問題（環境対策） ふん尿処理委託農家の経営改善	ふん尿過剰問題（環境対策） 資源循環 ふん尿処理委託農家・消化液利用農家の経営改善	ふん尿過剰問題（環境対策） 資源循環 ふん尿処理委託農家・消化液利用農家の経営改善 地域振興
消化液活用による効果	目的に関わる効果	ふん尿過剰問題（環境対策）	ふん尿過剰対策（環境対策） 資源循環	ふん尿過剰対策（環境対策） 資源循環
	その他の効果	資源循環 河川放流処理費用の削減 畜産農家の経営改善	消化液利用農家の経営改善	消化液利用農家の経営改善 プラントの新たな収入源

年ほどであるがふん尿過剰問題と、消化液の農地還元による資源循環を達成できている。2009年度の経営収支では修繕に伴う費用と人件費、減価償却費が高額となり、6,397万円の損失。収入はふん尿処理料金や消化液運搬・散布料金が大きな収入源となるも4,036万円に止まり、差引では2,361万円のマイナスとなっている。

これらのことから、各事例ではふん尿過剰や農地還元も含めたふん尿処理に問題を有していた。そしてそれら問題の解決としてバイオガスシステムを導入し、問題解決に向け高い効果を示していたことが読み取れた。また、消化液の地域分配活用や地域販売活用に分類される事例では、ふん尿を利用した資源循環もプラントの導入目的に設定しており、この目的を達成するにあたり、消化液の活用は不可欠なものであった。加えて、多くの事例において、目的達成に伴う経営収支がマイナスを示しており、その

主要因として減価償却費と、故障に伴う修繕費やメンテナンスなどの委託料が高額になることと、収入・費用削減に関する部分では電力の自給額が高い効果を出しているが、売電売上が運営を支えきれないレベルになかったことなどが挙げられる。

(3) 消化液活用に向けた取り組みと目的達成との関わり

これまで消化液の農地散布利用では散布機械や運搬費用、輸送距離などに課題があるとされていた。これに対し各事例では、消化液活用にあたりシステム内容に合わせた取り組みから課題に対応し、プラント導入の目的達成に向けた活動を行っていた。

高千穂プラントでは、55 ha ある農地のうち、より牧場やプラントに近い農地にて消化液を利用し、距離の離れた場所へは堆肥の利用を中心に施肥を行った。これにりバイオガスシステム導入目的であった

悪臭対策を、施設内の堆肥舎からだけでなく散布地である牧場近辺の牧草地でも効果を発揮できている。また近場での消化液の利用は運搬コストを最小限に抑え、農地還元により資源循環といった部分にも効果を出していた。

八木プラントでは河川への放流処理が可能な量を上回る消化液について、処理委託を行った畜産農家に持ち帰ってもらうノルマを設定した。このノルマから生まれた畜産農家返還活用は、プラント導入以降より増加したふん尿過剰問題の対策の一環であり、現状の原料処理量を踏まえると、今後のシステムの継続的稼働のために不可欠なものであるといえよう。

鈴木プラントは地域分配活用により、ふん尿の過剰分を散布処理することを可能とした。それに伴い散布車両について、消化液の汲み取り時間および散布時間の短縮が出来るように手を加えたことで、散布作業をより効率的に行えるようにしている。これは北海道における酪農家の多頭飼育と、そのふん尿の農地還元のために広大な耕地を必要とすることと、散布回数を踏まえた取り組みであるといえよう。そしてこの取り組みは、導入目的である資源循環のより円滑な達成に役買っているといえる。

山鹿プラントでは、地域の希望者に対し消化液の分配活用を行った。そして消化液の散布利用を促進するために、水稻利用の基肥用にリン酸を添加していた。これにより基幹作物での利用を促し、資源循環のための地域分配量の増加・確保を達成していた。ただし、運搬費用や移動距離に関する課題はまだ残ったままといえよう。

そして鹿追プラントでは、消化液有料化にあたっての検討会、散布請負料金内で散布可能な農地の限定と効率的な運搬ルートの検討、有料化に見合うだけの消化液の質的管理に取り組んだ。また散布作業には専用の大形散布車両を2台導入している。これにより、消化液の段階的な有料化を実現させ、運搬・散布における距離や費用の問題を解決している。そしてこの緻密な消化液利用のための管理体制と消化液の利用が、消化液の肥料効果が優良な地域農産物が多いという条件も加わり、消化液の利用量は年々拡大し、運搬・散布料金が収益項目の中でも大きな額を占めるようになった。

このような消化液活用に向けた取り組みは、ふん尿過剰問題や資源循環といったバイオガスシステム導入目的の達成に、アウトプットの側面を大きく担っている。また市街地付近にある農地への消化液利用は悪臭問題解消という点において、町の観光化

推進にも効果を出している。

これらのように、各事例における消化液活用の取り組みは、前述したバイオガスプラント導入目的の達成に関わっていた。特に資源循環を目的に設定している場合はふん尿等の農地還元が不可欠であることから、消化液の活用が目的達成に直結するものであった。

(4) 消化液活用によるその他の効果

高千穂プラントの消化液活用は、プラント利用以前も行われていた資源循環を維持したまま、前は必要としていた消臭剤の使用をなくす効果があり、それは金額にして消化液1tあたり918円、高千穂牧場全体としては約125万円の費用抑制と大きな効果を示していた。加えてこの悪臭への配慮は集客効果にも繋がっていると考えられる。

八木プラントの畜産農家返還活用は、消化液利用者が町内の畜産農家に限定されることから距離的な問題が解消され、また地域の資源循環へと繋がっている。加えてプラント運営において河川放流処理料金の抑制という経済的なプラスの効果を出していた。そしてその効果額は消化液1tあたり1,686円であると試算した。また八木プラントで行われていたノルマは、視点を変えれば消化液の一定量を利用する農家を確保出来ているともいえよう。

もちろんこれら畜産農家は水田など、利用可能な農地を所有しており、経営にとって有益な消化液利用が行えている。畜産農家への返還量も所有農地での散布処理が可能な量であり、現状における農家側の負担は経営を圧迫するほど大きなものではないと考えられた。またふん尿投入委託による効果においても、作業の軽減や規模拡大などの経営改善効果が見られた。

鈴木プラントでは消化液活用が鈴木牧場のふん尿過剰対策となるばかりでなく、消化液の運搬・散布料金や補助金により牧場の収入源として経営にプラスの効果を出していた。また鈴木プラント連携を取っている士幌町内の消化液利用農家でも、消化液の利用が肥料費の削減により経営にプラスの効果を果たしていた。

山鹿プラントの消化液利用者では、畜産農家では消化液の肥料効果を有効であると評価していたが、畜産農家以外の消化液利用農家は肥料効果の優良性を余り認めていなかった。ただし安価な肥料であることと、散布作業を委託できることから消化液の利用は経営にとって有効であると評価していた。

鹿追プラントは稼働開始当初、分配により畜産及

び畑作農家に消化液の肥料としての有効性を認識してもらったことにより、地域販売活用を可能としていた。プラントを利用しているふん尿処理委託農家や消化液利用農家では、作業の軽減や肥料費削減などにより経営改善の効果が見られた。そして今後有料化が始まればプラント経営の改善に向けた新たな収入源の一端を担っていくであろう。

これらのように、消化液の活用はバイオガスシステムの導入目的達成に関わる他に、プラント経営および消化液利用農家の経営支援を中心に効果があることが読み取れた。特に消化液の地域分配活用や地域販売活用は、消化液利用量の増加が収入の増加に関わる収入源のひとつであった。

(5) 各消化液活用形態における特徴と形成要因の考察

これらの事例では消化液の活用別によりバイオガスプラント導入の目的に共通点が見られた。またそれら共通点を基に、消化液の各活用展開を形成した要因について考察すると、次のようになる。

①畜産農家返還活用

畜産農家返還活用では悪臭やふん尿過剰問題といったものに対しての、環境保全を主な目的としており、その目的解決はバイオガスプラントの稼働が中心となる。消化液の活用は、環境対策のうち悪臭対策に効果があり、目的の他では費用削減の効果を示す可能性が高く、収入源にはなり難いと考えられる。

またこのようなシステムへと展開した要因として、近隣に消化液の分配を行える農家がない、もしくは少ないという地域環境が挙げられる。そのため、消化液の活用がこのようなタイプであった場合、ふん尿の過剰が起きるとふん尿の廃棄物処理費用としての経済的損失へと繋がりがやすい特徴がある。

②地域分配活用

地域分配活用では、その地域でふん尿の過剰問題が発生していることと、そのふん尿を利用する形での資源循環を目指しているという特徴が見られた。そして地域分配を形成するためには、プラントの近辺に利用農家が存在することが不可欠であり、また無料での活用が行われることから、畜産農家や自治体の側として、その消化液を利用していくことが重要であるという認識が無くては成立しない。加えて、消化液利用農家に利用を継続してもらうために、消化液利用による肥料費削減や収量の増加、その他作業の軽減など、利用者にとってプラスとなる要素が不可欠である。

またプラント運営側に消化液の散布作業を行えるだけの労働力や機材を所有する必要もある。しかし消化液の運搬・散布の請負料金を得ることで運営側の経済的損失を解消することも可能であるため、料金設定を緻密に設定する必要があるだろう。

③地域販売活用

地域販売活用では資源循環に加え、地域農業の発展が目的としてみられた。また消化液の販売を行うためには、販売へ繋げるだけの消化液成分の管理技術を所有していることが必要である。また利用者に対して消化液利用はもちろん、有料化についても話し合いなどを持ち、納得してもらうことも重要であろう。そして消化液をより有効に利用できる広大な農地とそこへの散布依頼が、利用者の肥料散布作業軽減へと繋がるなど利用農家側の経営改善につながるほどの耕地面積があることも、消化液の地域販売活用を導入するためには必要な要因であると考えられる。

この活用方法が形成され、また販売価格が2章で述べたような肥料価値に近づけることが出来れば、今後バイオガスプラントの採算がとれる可能性もより高まるであろう。

IV 消化液活用に関する評価と結論

1. 評価の総括と結果

近年、ふん尿過剰問題の解決をはじめとした資源循環システム形成のためバイオガスシステムが導入されてきている。本稿はそのシステム成立において、活用が求められているメタン発酵由来消化液が、現状においてどのような利用が行われ、システムの中においてどのような効果を出しているのか、事例を基に検証した。

まず、消化液は肥料として有効な成分を含んでおり、また適切な施肥方法により水稻や耕種作物、牧草など多くの作物に利用できることがわかった。

また事例分析では上述したように、消化液はアウトプットの部分からバイオガスシステム形成に対して経営的・経済的效果を示していた。

以上のことから、消化液の活用はバイオガスシステムの形成展開において必要な要素であり、活用の向上はシステム展開の視点からも目指していくべきものである。

しかし現状では消化液の活用範囲は限定された範囲内であり、また運搬料金も高く設定しては需要減少に繋がるという問題がある。今後は消化液活用範囲の拡大がバイオガスシステム稼働促進についての課題といえる。

消化液を活用することは、バイオガスシステムの導入目的でもある環境保全や資源循環の成立に繋がる。また消化液の活用はプラント運営主体だけでなく利用者側にとっても、決して負担や悪影響を与えないものではない。加えて地域単位での活用へと繋がれば、地域レベルでの環境保全活動へと繋がるといえよう。

2. 今後のバイオガスシステム導入のために

(1) 各消化液活用の経営展開のあり方

現在、多くのバイオガスシステム事例において、システムは今後の存続に対し経済的側面から不安が見られた。農林水産省などが推進している、バイオマスタウン総合戦略においてバイオガスシステムを検討している自治体でも、この継続的利用における経済損失が導入に踏み込めない大きな要因といえる。

本稿で述べてきたことを踏まえると、今後バイオガスシステム導入を考える場合、消化液の活用は考慮すべき項目のひとつといえる。

バイオガスシステム導入においてその規模や運営内容を決定する際、消化液の活用という側面から検討を行うと、次のような経営展開が考えられる。

1) 畜産農家返還活用

畜産農家返還活用は地域の環境保全を主な目的としており、消化液の活用はそのうち悪臭対策に効果を発揮するものであった。そのほか、消化液の活用はプラントの運営における費用の削減効果があった。

これらのことから、畜産農家返還活用を行うバイオガスシステムの展開では、個別型では悪臭に気を遣う市街地や観光地において利用されることが多くなるであろう。そしてプラント運営では消化液の活用により費用を抑制しながら、周辺への悪臭対策が行える。そしてガス利用による電力の自給・販売を高めることで運営体の経営にプラスの効果を出すだろう。そのためにも、プラントの稼動を100%に近づけることが大事であり、また共同利用型では原料受入料金にも関わるため、原料を多く確保することは収益増加にも繋がる。ただし、本活用形態では消化液の農地散布面積が他の活用形態よりも限られるため、消化液が過剰となり処理費用が発生しやすい。そのため、家畜飼養頭数の拡大や原料受入料の増加は不用意に行えないという条件の中、プラントの高い稼動率を維持することが重要といえる。このバランスを保つことで本活用形態におけるバイオガスシステムは運営体の経営を支え、かつ地域の環境保全

に役立つシステムとなるであろう。

2) 地域分配活用

地域分配活用では消化液の利用者が存在し、また利用者が利益を得られること、運営体に散布を行うための機材や労働力が不可欠といえる。

これらから、地域分配活用では耕畜の連携を強化することが重要である。特に利用者に経営・経済的利益が出るよう消化液の成分開示、利用量の確保、そして散布地までの距離を考慮した運搬・散布料金設定、加えてより効率的な施肥の検討を行うべきであろう。

それにより、消化液の活用は収入源のひとつとなりつつ、地域の資源循環活動を支え、ふん尿の悪臭対策を含めた環境保全に効果を出すであろう。加えて地域の農家は消化液を利用することで肥料費の抑制に繋がり、かつ肥料散布を委託することで地域の農家経営の一助となるシステム運営が行えるであろう。

3) 地域販売活用

販売活用を成立させるには、慣行農業での経営よりも消化液購入による経営のほうが、メリットが高くなくてはならない。そのためには消化液の利用が十分に行える基幹作物と農地面積が必要となる。そしてプラント側では原料投入や消化液散布などに対し、高い管理技術を持つ技術者が不可欠となる。

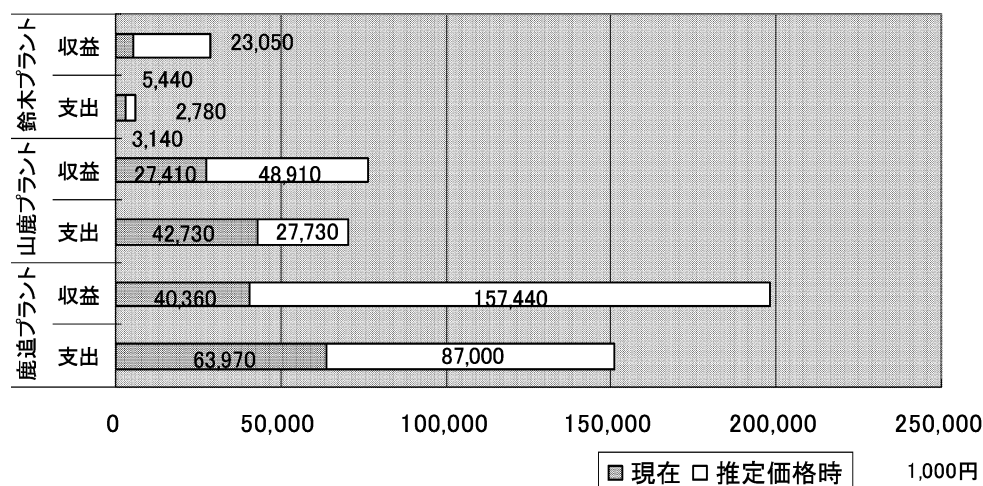
また販売活用の展開では、消化液の販売が経営におけるひとつの収入源となり、経営に与える影響は販売単価により変化する。そして消化液の単価は市販肥料価格や消化液の含有成分、肥効性により変化するであろう。

このようなことから、本活用形態は能力の高い技術者を据えることで、場合によっては高額となる設備のメンテナンス費用を抑え、修繕費の抑制にも繋げることも出来よう。また消化液の質的管理を行うことで販売単価向上に繋がっていく。加えて消化液の質的向上は、利用農家にも市販肥料費の削減や作物の収量増加など、経営向上に繋がる効果を与えるだろう。

その他、今後はプラントの稼動を高めることにより原料受入料や電力の自給・販売売上など総合的な展開向上を目指すことにより、バイオガスシステムの経営経済的成立の可能性も高まるだろう。

(2) 消化液販売によるバイオガスプラント経営経済的成立の可能性

現在日本のバイオガスシステム運営はこれまでも述べたように、経営経済的成立を果たすことは容易



図IV-1 3事例の収支変化試算結果

ではなく、また高額な補助制度がなくなるとその可能性はゼロに等しい。このような状況下において消化液の地域販売活用は、今後システムの総合的展開の向上により、経営経済的成立の可能性が他の活用形態に比べ高いといえる。ここでは、消化液の販売によるプラント運営の、採算の可能性について検討していく。

図IV-1は消化液の地域分配活用および地域販売活用事例である鈴木プラント・山鹿プラント・鹿追プラントの現状における収支状況に、第II章で示した消化液の肥料価値と、利用農家への提供量を合わせた推定収益および、補助金を考慮しない場合の減価償却費による想定支出額を表したグラフである。

各プラントの推定金額は、鈴木プラントでは支出額が278万円の増加、収益額では消化液価格6,197円と提供量3,720tにより約2,305万円、その差引は2,257万円のプラスとなった。山鹿プラントでは支出額が2,773万円の増加、収益額は消化液価格2,967円に提供可能量1万6,483tのため4,891万円、差引586万円のプラスである。鹿追プラントでは支出額が8,700万円増加に対し、収益額は6,943円に2万2,676tを合わせ1億5,744万円となり、差引は4,683万円のプラスを示した。

これらのように、消化液には各バイオガスシステムの経営において採算がとれる可能性を有している。もちろんこのような結果へと導くことは、地域分配活用だけでなく、地域販売活用においてさえ容易には行えない。そのため今後は消化液を販売する際の運搬・散布料金の再設定などを考慮し、利用農家等との十分な調整も必要となる。現在の消化液が持つ魅力には、有機肥料であることや環境負荷を抑えるといったことも挙げられるが、特に安価な調

達・運搬・散布料金が挙げられることは言うまでもない。そのため消化液に分析結果のような価格設定を行うためには、消化液の質の確立とともに利用者及び利用量の拡大が前提として必要である。現状では消化液には液体であるという特徴から、利用者はプラント周辺地域に限定されている。今後はこの消化液の長距離移送のための技術開発が消化液利用拡大の課題であるといえる。

3. 消化液活用における展望

バイオガスシステムの形成は耕畜の連携が重要であり、その成立を果たすことにより、地域単位での展開や環境保全が見込めるといえる。

それはつまり直接的な利用者だけでなく、地域全体の生活環境を支え、改善するシステムの形成でもある。その意味では現在の初期投資額に対する国や自治体からの補助制度は適切といえよう。しかし、今後バイオガスシステムの展開を促進するためには、これまでの研究報告にもあるよう、バイオガスの活用とその活用法のひとつである電力活用への補助制度に加え、消化液活用促進に向けた助成制度も導入を検討すべきであろう。

これにより現在減価償却費を考慮した場合、赤字経営となっているバイオガスプラント経営を立て直し、存続していけるシステム形成へと繋がるだろう。そのための支援制度導入における具体的方法については、今後の課題としたい。

参考文献

- [1] 松田従三「経済的視点から見た酪農バイオガスシステムの歴史的意義」(『酪農ジャーナル臨時増刊号 酪農バイオガスシステムの社会的・経

- 済の評価』酪農学園大学エクステンションセンター 2006年3月) pp. 14~23.
- [2] 市川 治「わが国における家畜ふん尿問題」(『酪農ジャーナル臨時増刊号 21世紀へのマニユアテクノロジー』酪農学園大学エクステンションセンター 2000年) pp. 14~24.
- [3] 岡田直樹・折登一隆「酪農地帯における糞尿処理・利用技術導入促進の条件」(『平成10年度農業経営研究成績書』根釧農業試験場 1999年) pp. 1~59.
- [4] 藤田直聡著『酪農経営の環境対策における投資限界と外部委託』農林統計協会 2009年.
- [5] 松田従三「家畜ふん尿のエネルギー利用とその課題——メタン発酵によるエネルギー利用——」(『農業機械学会誌』第66巻第1号 2004年) pp. 8~11.
- [6] 松田従三「家畜ふん尿利用のバイオガスプラントの課題」(『廃棄物学会誌』Vol. 15, No. 2 2004年) pp. 70~76.
- [7] 干場信司・菱沼竜男・横山慎司・石川志保・森田 茂「家畜排せつ物用バイオガスプラントと液肥利用」(『用水と排水』Vol. 46 No. 4 2004年) pp. 75~80.
- [8] 市川 治「本書の課題・特色・構成など」(『酪農ジャーナル臨時増刊号 酪農バイオガスシステムの社会的・経済的評価』酪農学園大学エクステンションセンター 2006年3月) pp. 8~12.
- [9] 淡路和則・中川悦光(2006):「水田酪農地帯の京都府八木町・八木バイオエコロジーセンターの事例」(『酪農ジャーナル臨時増刊号 酪農バイオガスシステムの社会的・経済的評価』酪農学園大学エクステンションセンター 2006年3月) pp. 54~63.
- [10] 市川 治「畑作酪農地帯の北海道湧別町の事例」(『酪農ジャーナル臨時増刊号 酪農バイオガスシステムの社会的・経済的評価』酪農学園大学エクステンションセンター 2006年3月) pp. 93~101.
- [11] 中原准一「デンマーク」(『酪農ジャーナル臨時増刊号 酪農バイオガスシステムの社会的・経済的評価』酪農学園大学エクステンションセンター 2006年3月) pp. 93~101.
- [12] 中村 稔・肉絲坦木買買提・大場裕子・市川 治「酪農共同利用型バイオガスシステム導入の経済的評価による分析——北海道鹿追町の事例を対象に——」(2009 酪農学園大学紀要第34(2)2010) pp. 111~121.
- [13] 中村 稔・市川 治「酪農バイオガスシステム導入の経営経済的評価に関する一考察——宮崎県高千穂牧場を対象に——」(2008 酪農学園大学紀要 Vol. 32, No. 2).
- [14] 中村 稔・市川 治・肉絲坦木買買提「酪農共同利用型バイオガスシステムにおける消化液利用の課題」(『農業経営研究』第48巻 第2号 2009年) pp. 60~64.
- [15] 中村真人・袖山義人, 山岡 賢, 清水夏樹, 藤川智紀「地球温暖化対策と農業農村工学技術—3 消化液を液肥利用するメタン発酵システムによる温室効果ガス削減効果」(『農業農村工学会誌』, 76(11), 2008年) pp. 981~984.
- [16] 梅津一孝「十勝管内のバイオガスプラントの現状と消化液の利用効果」(『資源循環型畜産・酪農存続のためのバイオガスシステム導入の複合的評価分析』基盤研究(B) 研究成果報告書 2008年) pp. 61~70.
- [17] 甘利 誠, 豊田剛己, ISLAM Tajul MD, 増田和成, 黒田哲生, 渡辺 昭「土壌および養液栽培へのメタン消化液施用が数種土壌病害発生に及ぼす影響」(『土と微生物』第62(2)2008年) pp. 106~113.
- [18] 三枝俊哉「液肥の特性と草地への効果的施用法——北海道における乳牛液肥の設計——」(『畜産コンサルタント』第45巻(11)2009年) pp. 19~22.
- [19] 古賀巧樹「イネの生産および収量に対するメタン発酵消化液の施用効果」(『宮崎大学農学部研究報告』第56巻, 2010年) pp. 15~27.
- [20] 村中智恵子「メタン発酵消化液のブロッコリー栽培における施用効果について」(『宮崎大学農学部研究報告』第55巻2009年) pp. 57~64.
- [21] 市川 治・中原准一・干場信司「酪農バイオガスシステムの社会的・経済的評価」(『酪農ジャーナル臨時増刊号 酪農バイオガスシステムの社会的・経済的評価』酪農学園大学エクステンションセンター 2006年3月).
- [22] 朵兰・胡爾査・市川 治・發地喜久治・中村 稔・肉絲坦木買買提「中国内蒙古畜産・酪農における個別型バイオガスシステム導入の効果に関する一考察」(2009 酪農学園大学紀要第34巻1号).
- [23] 北海道立農業・畜産試験場 家畜ふん尿プロジェクト研究チーム企画・編集『家畜ふん尿処理・利活用の手引き 2004』社団法人北海道農業改良普及協会 2004年.

- [24] ズコーシャ(株)『平成 21 年度 中山間 (広域連携) とかち高原の里 委託 91 業務報告書』2009 年.
- [25] 財団法人肥料経済研究所「肥料の農家購入価格情報」HP
(URL: <http://www.hi-kei-ken.jp/>)
- [26] 農林水産省『平成 21 年 農業物価指数 — 平成 17 年 基準 —』(2010.6 H P <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/noubukka/>)
- [27] 財団法人 八木町農業公社 資料『八木バイオエコロジーセンター』2006 年.
- [28] 山鹿市鹿本総合支所『パンフレット 山鹿市バイオマスセンター』2007 年.
- [29] 鹿追町『鹿追型バイオガス施設事業家による公共施設におけるバイオガス有効活用調査事業調査報告書』2002 年.

謝 辞

本論文は制作にあたり、およそ 5 年に渡って資料収集を行った。その間様々な方々にご協力を頂いた。

高千穂牧場の調査では、始めに対応をしていただいた野崎氏は当大学の卒業生ということもあり、調査・研究に積極的に協力していただいた。またその後日の追加調査にて、宮本氏には急な話にもかかわらず丁寧に対応していただいた。

そして八木バイオエコロジーセンターへの調査では訪問時、センター長に詳しい話をしていただいた。その他アンケート調査時には農家の方々にアンケート用紙を配布、回収していただいた。追加調査の際には清水氏より、より具体的な経営状況などについてお話を伺った。

鈴木牧場への調査では鈴木家の方々に詳しいバイオガスプラント稼動および経営状況についてお話を伺った。また土幌町役場にて、前任担当の小森氏お

よび西野氏には土幌町で行っているバイオガスプラント事業について説明をしていただいたほか、消化液利用農家の紹介、アンケートの協力にご尽力いただいた。

山鹿バイオマスセンターでは、山鹿市鹿本総合支所産業振興課の佐藤氏および片山氏に、何度も聞き取り調査をさせていただき、また貴重な資料を頂いた。加えてアンケート調査の際には、農家の方々との橋渡しをしていただいた。

鹿追環境保全センターでは、町役場の城石氏と環境保全センターリーダーの植松氏より、調査の受入から経営内容の聞き取り、アンケート調査を含めた貴重な資料の収集やなど様々な点においてご協力を頂いた。

そしてアンケート調査では、八木町・山鹿市・鹿追町の多くの農家の方々にご協力いただいた。

研究においては、主査である市川教授をはじめ、副査の荒木教授、小糸講師、また發地教授、吉岡講師には論文作成に際し貴重なアドバイスを頂いた。

その他この研究を行うに当たり、共に調査を行い分析・検討を行った大学院仲間のルスタムさん、大場裕子さんには忙しい中、様々なアドバイスなどの協力を頂いた。加えて、アズグリアイサンには修正や校正にご協力を頂いた。

本稿がこのような形として出来上がったのは皆様のご協力のお陰であり、感謝に耐えない気持ちで一杯である。今後の畜産バイオガスシステムの発展において、本稿が何かしらの役に立てれば幸いである。ここに皆様方に厚く御礼申し上げる次第である。

なお、大学の紀要への投稿に際しては、大学内の先生方から貴重なコメントを頂いた (学位論文であるので、可能な範囲で訂正した)。記して感謝申し上げます。